



# BUKU AJAR BIOLOGI

Oleh :

Dra. Turrini Yudiarti, MSc.  
Dra. Endang Widiastuti, MSi  
Drs. Herry Pratikno

LPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft.: 1342 / FT / PP / C1

Tgl. : 27-03-06

PROGRAM STUDI D III  
MANAJEMEN USAHA PETERNAKAN  
FAKULTAS PETERNAKAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2004

## KATA PENGANTAR

Buku pegangan Matakuliah Biologi sangat dibutuhkan dalam proses pembelajaran, karena dengan adanya buku pegangan produk pembelajaran diharapkan akan lebih baik. Oleh karena itu perlu disusun buku pegangan mata kuliah yang dapat digunakan oleh mahasiswa, dan diharapkan buku pegangan ini akan memberikan nilai tambah bagi mahasiswa program studi Diploma III – Manajemen Usaha Peternakan pada Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro.

Buku ini disusun berdasarkan materi kuliah Biologi pada program studi Diploma III – Manajemen Usaha Peternakan pada Fakultas Peternakan. Secara garis besar terdiri dari 7 (tujuh) bab, terdiri dari Arti Kehidupan, Sel sebagai Dasar Kehidupan, Organisme Autotropik, Jaringan, Sistem Respirasi, Sistem Digestorian dan Sistem Reproduksi. Uraian dalam buku ini sangat singkat, bagi mahasiswa yang akan memperdalam bidang Biologi perlu melengkapinya dengan referensi lain.

Terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi melalui Proyek SEMI-QUE V Tahun 2004 Program Studi Diploma III – Manajemen Usaha Peternakan pada Fakultas Peternakan yang telah memfasilitasi pendanaan sehingga buku ini dapat diselesaikan. Semoga Buku Ajar Biologi ini bermanfaat.

Semarang, Juni 2004

Penyusun

## DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I. ARTI KEHIDUPAN .....	1
BAB II. SEL SEBAGAI DASAR KEHIDUPAN	
2.1. Senyawa, Bentuk dan Ukuran Sel .....	3
2.2. Struktur Sel .....	3
2.3. Perbedaan Sel Hewan dan Tumbuhan .....	8
2.4. Metabolisme Sel .....	3
BAB III. ORGANISME AUTOTROFIK .....	15
BAB IV. JARINGAN	
4.1. Jaringan Hewan .....	24
4.2. Jaringan Tumbuhan .....	31
4.3. Tipe Ikatan Pembuluh .....	34
BAB V. SISTEM RERNAFASAN	
5.1. Pertukaran Gas pada Organisme Akuatik .....	36
5.2. Pertukaran Gas pada Akar dan Batang .....	37
5.3. Pertukaran Gas pada Daun .....	38
5.4. Respirasi pada Serangga .....	38
5.5. Respirasi pada Ikan .....	39
5.6. Respirasi pada Katak .....	40
5.7. Respirasi pada Reptilia .....	42
5.8. Respirasi pada Burung .....	42
5.9. Respirasi pada Manusia .....	44
BAB VI. SISTEM DIGESTORIA	
6.1. Pencernaan Intraseluler .....	48
6.2. Pencernaan Ekstraseluler .....	49
6.3. Digestoria pada Belalang dan Tawon .....	50
6.4. Digestoria pada Manusia .....	51
BAB VII. SISTEM REPRODUKSI	
7.1. Sistem Reproduksi pada Hewan .....	61
7.2. Sistem Reproduksi Betina .....	63
7.3. Sistem Reproduksi Jantan .....	67
7.4. Proses Pembentukan Sperma .....	71
7.5. Pembuahan .....	73

DAFTAR PUSTAKA

## **BAB I. ARTI KEHIDUPAN**

Bab ini membahas arti kehidupan. Setelah mempelajari bahasan ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan dengan benar arti biologi sebagai ilmu dan ciri-ciri kehidupan dari suatu makhluk hidup.

### **BIOLOGI SEBAGAI ILMU & CIRI-CIRI KEHIDUPAN**

Kata **Biologi** disusun dari dua kata, **Bio** dari bahasa Latin *Bios* yang berarti hidup atau kehidupan dan **logi** dari kata *logos* yang artinya adalah ilmu atau pengetahuan. Jadi arti kata **Biologi** secara keseluruhan adalah suatu ilmu atau pengetahuan yang mempelajari tentang sesuatu yang hidup atau ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup.

Sesuatu yang hidup atau makhluk hidup tentunya berbeda dengan makhluk yang tidak hidup atau benda mati. Perbedaan ini terletak pada sifat atau ciri-ciri yang dimiliki oleh keduanya. Ciri yang dimiliki oleh suatu makhluk yang dikatakan hidup disebut dengan ciri-ciri kehidupan. Pada bagian ini pembahasan akan lebih difokuskan pada ciri dari makhluk yang hidup atau ciri-ciri kehidupan suatu makhluk dari pada ciri benda mati.

Ada beberapa pustaka (pendapat) yang mengemukakan tentang ciri kehidupan suatu makhluk, akan tetapi disini hanya akan dikemukakan tiga pustaka (pendapat) yaitu :

#### **1. Ciri Kehidupan menurut Helena Curtis (1975)**

- a. Kompleks dan terorganisir dengan baik
- b. Memanfaatkan energi dari lingkungannya dan merubahnya dari satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain
- c. Bersifat homeostatis
- d. Merespon bila ada rangsangan
- e. Berreproduksi
- f. Beradaptasi dengan lingkungannya
- g. Tumbuh dan berkembang
- h. Didalamnya terkandung informasi.

## **2. Ciri Kehidupan menurut Kimball (1983)**

Menurut Kimball ciri kehidupan suatu makhluk ada lima yaitu :

- a. Bersifat rumit
- b. Mengadakan metabolisme
- c. Berreproduksi
- d. Responsif
- e. Berevolusi

## **3. Ciri Kehidupan menurut Dwijoseputro (1998)**

Menurut Kimball ciri kehidupan suatu makhluk ada lima yaitu :

- a. Mengadakan metabolisme
- b. Mengadakan pertumbuhan
- c. Bereproduksi
- d. Responsif
- e. Mengadakan gerak

## **BAB II.**

### **SEL SEBAGAI DASAR KEHIDUPAN**

Bab ini membahas sel sebagai dasar kehidupan. Setelah mempelajari bahasan ini diharapkan mampu menjelaskan secara benar tentang bentuk dan ukuran sel, struktur sel serta perbedaan antara sel hewan dan sel tumbuhan

Sel adalah unit atau kesatuan dari protoplasma. dan protoplasma merupakan substansi dari sel hidup. Setiap sel mempunyai isi sel sendiri, sehingga setiap unit sel dapat memenuhi kebutuhannya sendiri. Sel dikelilingi oleh membran luar yang ada dilingkungan sel.

Teori mengenai sel mengatakan bahwa :

1. Semua barang yang hidup disusun oleh/dari sel
2. Semua sel tumbuh dari sel yang lain
3. Semua reaksi metabolisme dari organisme hidup berlangsung di dalam sel
4. Sel membawa sifat keturunan dari induk ke anaknya

#### **2.1. SENYAWA, BENTUK DAN UKURAN SEL**

##### **2.1.1. Senyawa yang terdapat dalam sel**

- a. **KARBOHIDRAT**, misalnya Gula, pati dan selulosa  
Senyawa ini penting dalam proses fotosintesa
- b. **LIPID**, misalnya Lemak dan minyak  
Digunakan sebagai cadangan makanan
- c. **PROTEIN**, biasanya berupa enzim  
Berperan dalam proses metabolisme
- d. **ASAM NUKLEAT**, terdapat dalam bentuk DNA dan RNA  
Senyawa ini berperan penting dalam proses sintesa protein

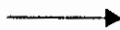
##### **2.1.2. Ukuran Sel**

Perbedaan ukuran sel cenderung ada kaitannya dengan volume dan luas areal permukaan sel itu sendiri. Ukuran daripada sel yang aktif mengadakan metabolisme cenderung mempunyai ukuran yang lebih kecil dari sel yang tidak

aktif metabolisme. Secara umum sel penyusun tubuh hewan dan tumbuhan berdiameter 10 – 30  $\mu\text{m}$ .

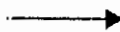
### 2.1.3. Bentuk Sel

a. Cakram kecil



Sel darah merah

b. Gelendong



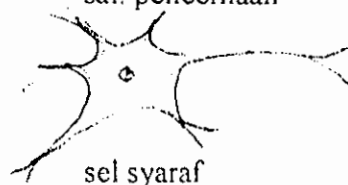
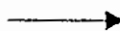
Otot polos

c. Kolumnar



sal. pencernaan

d. polihedral



sel syaraf

## 2.2. STRUKTUR SEL

Pada dasarnya sel adalah sama, baik struktur, tipe enzim maupun bahan genetiknya, walaupun tipe sel beragam. Struktur atau susunan sel dari yang terluar kedalam adalah :

### a. Dinding Sel

- Dinding sel hanya ada pada tanaman dan tersusun dari selulosa
- Berkembang sejalan dengan berkembangnya sel
- Pada sel yang masih muda relatif tipis dan lentur, sedangkan sel yang sudah tua dinding sel sudah menjadi lebih kaku
- Diantara dinding sel yang saling berdekatan ada satu lapisan perekat yang disebut dengan lamella tengah yang tersusun dari zat pektin dan selulosa

**b. Membran SEL**

- Terdapat pada sel tanaman dan hewan
- Ketebalannya hanya 90 Å
- Tersusun dari fosfolipid, kolesterol dan protein

**c. Sitoplasma**

- Terdapat pada sel tanaman dan hewan
- Adalah semua substansi yang ada di dalam sel kecuali inti
- Di dalamnya terdapat enzim, makromolekul, ATP, nukleotida, asam amino, dan berbagai substansi anorganik
- Tergantung dari tipe sel, maka sitoplasma terkandung juga hemoglobin, granula tepung, pigmen, dan tetesan minyak

**d. Inti/Nukleus**

- Terdapat pada sel hewan dan tanaman
- Berfungsi sebagai pembawa sifat keturunan dan sebagai pusat aktifitas sel
- Pada sel eukariotik, inti sudah terbentuk secara sempurna (sudah terelimitasi oleh membran), sedang pada sel prokariotik inti belum terbentuk secara sempurna
- Pada membran inti terdapat pori inti yang berfungsi untuk keluar masuknya zat dari dan keluar sel
- Didalam inti terdapat :

**Kromosom :**

yaitu struktur memanjang yang tersusun dari DNA dan protein, bila sel tidak sedang mengadakan pembelahan, maka **kromosom berbentuk seperti benang** yang disebut **kromatin**

**Nukleolus/ Anak Inti :**

dibentuk dari DNA dan protein, dan didalamnya terdapat pula RNA

**e. Endoplasmi retikulum**

- Ada pada sel tanaman dan hewan
- Adalah suatu sistem atau jaringan kerja dari membran yang sangat luas di dalam sel
- Merupakan jalan keluarnya bahan atau material sel



**f. Ribosom**

- Terdapat pada sel hewan dan tanaman baik yang eukariotik dan prokariotik
- Organ ini dibentuk oleh molekul RNA dan protein dan merupakan organ yang paling kecil
- ✓ • Tempat berlangsungnya sintesa protein

**g. Aparat Golgi/Badan Golgi**

- Terdapat pada sel hewan maupun tumbuhan
- ✓ • Tempat sintesa polisakarida
- Sebagai tempat pengepak (packing) bahan sel yang akan dibuang keluar sel
- Di dalam sel hewan hanya terdapat 1 buah, sedangkan pada sel tanaman ada 100 buah

**h. Lisosom**

- Terdapat baik pada sel hewan maupun tanaman
- Pada sel hewan merupakan derivat dari badan golgi
- ✓ • Fungsi dari organ ini ada 2 yaitu :
  1. Ikut andil dalam mencerna makanan/ benda asing yang masuk dalam sel (misalnya pada organisme sel tunggal/paramecium)
  2. Ikut andil dalam proses pengausan/pengrusakan organel sel (misal pada proses rusaknya kloroplas pada tanaman yang sudah tua)

**i. Mitokondria**

- Organ ini ada pada sel hewan dan tanaman
- Jumlah dan bentuknya bervariasi
- Pada sel eukariotik, merupakan organ penghasil ATP

✓ **j. Plastid**

- Organ ini dibatasi oleh 2 membran dan hanya ada pada tanaman
- Ada 3 tipe umum, yaitu :

**Leukoplas :**

- Tidak berwarna

- Tempat merubah gula menjadi tepung
- Tempat menimbun lemak dan protein

**Kromoplas :**

- Berfungsi mensintesa, menampung dan bertanggung jawab terhadap kecerahan dari warna buah, sayuran, bunga dan daun.

**Kloroplas :**

- Tempat berlangsungnya proses fotosintesis

**k. Vakuola**

- Yaitu suatu ruangan dalam sitoplasma yang terisi air dan dikelilingi oleh membran tunggal
- Terdapat pada sel hewan maupun tanaman
- Pada tanaman yang masih muda, ciri khasnya adalah memiliki vakuola yang banyak, sedang pada sel tanaman yang sudah tua vakuola kecil bergabung menjadi besar, terpusat dan terisi air serta merupakan elemen besar pendukung sel, sekaligus berfungsi sebagai penimbun sukrose dan bahan-bahan sisa.

**l. Mikrofilamen**

- Organ ini hanya terdapat pada sel hewan
- Merupakan benang atau serabut yang halus berdiameter  $60\text{\AA}$  serta dapat berkontraksi

**m. Mikrotubula**

- Organ ini ada pada sel hewan dan tanaman
- Organ ini berupa tabung yang sangat kecil dan berdiameter  $0,02\text{ }\mu\text{m}$
- Berfungsi sebagai kerangka dalam dan merupakan bagian yang bersifat kaku/keras dari tubuh sel

**n. Sentriola**

- Hanya ada pada sel hewan
- Berbentuk silinder kecil dan biasanya berpasangan

**o. Silia dan Flagella**

- Merupakan organ yang tipis, panjang dengan diameter  $0,2\text{ }\mu\text{m}$  dan berada di permukaan sel eukariotik

- Biasanya flagella lebih panjang dari silia
- Berfungsi untuk pergerakan sel
- Organ ini hanya ada pada sel hewan

### 2.3. PERBEDAAN SEL HEWAN & SEL TUMBUHAN

Didalam sel hewan dan sel tanaman dijumpai adanya organel sel yang sama. Ada beberapa organel yang hanya dijumpai pada sel hewan saja, akan tetapi tidak ada pada sel tanaman. Begitu pula sebaliknya ada organel sel yang ada pada sel tanaman saja akan tetapi tidak ada pada sel hewan. Lebih lengkapnya semua organel sel baik sel hewan maupun sel tanaman tersaji pada Tabel 1. dibawah ini :

Tabel 1. Organel Sel pada Sel Hewan & Tanaman

No	Organel Sel	Sel Hewan	Sel Tanaman
1.	Dinding sel	Tidak ada	Ada
2.	Membran sel	Ada	Ada
3.	Nukleus/Inti	Ada	Ada
4.	Pori nukleus	Ada	Ada
5.	Kromosom	Ada	Ada
6.	Membran nukleus	Ada	Ada
7.	Mikrotubula	Ada	Ada
8.	Sentriola	Ada	Tidak ada
9.	Aparat Golgi	Ada	Ada
10.	Vakuola	Ada	Ada
11.	Mikrofilamen	Ada	Tidak ada
12.	Endoplasmik retikulum	Ada	Ada
13.	Ribosom	Ada	Ada
14.	Mitokondria	Ada	Ada
15.	Lisosom	Ada	Ada
17.	Kloroplas	Tidak ada	Ada
18.	Silia & Flagella	Ada	Tidak ada

## 2.4. METABOLISME SEL

Yang dimaksud dengan metabolisme sel yaitu pertukaran bahan dan energi antara sel dan lingkungannya serta transformasi bahan dan energi ini melalui proses kimia didalam sel tersebut.

Sel dikelilingi oleh suatu cairan yang disebut dengan Cairan Ekstra Sel (CES). Dari CES ini sel mendapatkan ion atau molekul yang dibutuhkan oleh sel, juga membuang limbahnya di dalam sel. Komposisi dari CES yang utama adalah air, kemudian didalamnya ada gas ( $\text{CO}_2$  &  $\text{O}_2$ ), ion anorganik, zat organik (makanan & vitamin) serta hormon.

Mekanisme pertukaran zat antara sel dan cairan ekstra sel melalui 5 proses yaitu :

1. Difusi
2. Osmosis
3. Transport aktif
4. Endositosis
5. Eksositosis

### 2.4.1. Difusi

Adalah perpindahan molekul atau ion sebagai akibat dari gerak acak dari cairan yang berkonsentrasi tinggi ke cairan yang berkonsentrasi rendah. Konsentrasi disini adalah konsentrasi dari zat yang terlarut.

Contoh : suatu tabung berisi suatu air, kemudian ditambahkan cairan dengan konsentrasi gula tinggi, maka ion atau molekul gula tadi akan bergerak menuju ke arah air, cairan hasil campuran tadi konsentrasinya menjadi sama.

### 2.4.2. Osmosis

Difusi suatu pelarut (biasanya air) melalui membran semi-permeabel secara deferensial dari suatu cairan yang berkonsentrasi tinggi ke cairan yang berkonsentrasi rendah. Konsentrasi disini adalah konsentrasi pelarutnya (air). Ada 3 bentuk osmosis yaitu :

### 1) Hipotonik

Keadaan ini terjadi bila konsentrasi air diluar sel lebih besar dari konsentrasi air di dalam sel.

Contoh : Bila sel darah merah dimasukkan kedalam air, maka sel darah merah akan pecah (hemolisis/plasmolisis).

### 2) Isotonik

Keadaan ini terjadi bila konsentrasi air di luar sel sama dengan konsentrasi air di dalam sel, sehingga tidak terjadi apa-apa

### 3) Hipertonik

Keadaan ini terjadi bila konsentrasi air di luar sel lebih kecil dari konsentrasi air di dalam sel.

Contoh : Sel darah merah dimasukkan kedalam air laut, maka air dalam sel darah merah akan terserap keluar, sehingga sel darah merah akan mengkerut.

Hal ini dikarenakan konsentrasi air dalam sitoplasma sel darah merah lebih tinggi dari konsentrasi air pada air laut.

#### 2.4.3. Transport aktif

adalah gerakan ion dan molekul melawan suatu perbedaan konsentrasi (gradien konsentrasi). Disebut aktif karena sel-sel tersebut harus mempergunakan energi untuk transportasi melawan daya difusi yang pasif.

#### 2.4.4. Endositosis

yaitu mekanisme pengangkutan bahan dari cairan ekstra sel kedalam sel dengan cara yaitu membungkus bahan tersebut dengan suatu kantung. Kantung tersebut dibentuk dari membran sel yang ditekukkan kearah dalam dan kemudian kantung tersebut lepas membentuk vakuola di dalam sitoplasma.

#### 2.4.5. Ekositosis

yaitu mekanisme pengeluaran bahan sel dari dalam sel menuju keluar sel dengan cara yaitu bahan sisa terkumpul dalam suatu kantung membran di dalam sitoplasma, kemudian kantung tersebut bergerak kepermukaan sel, kemudian mengkosongkan isinya keluar sel.

## Reaksi Kimia Sel

Reaksi kimia dalam proses metabolisme ada 2 yaitu anabolisme dan katabolisme.

Proses kimia konstruktif yang menyusun molekul kompleks yang kaya akan energi dari molekul sederhana disebut **anabolisme**, sedangkan proses perombakan molekul organik kompleks menjadi molekul yang sederhana yang miskin akan energi disebut **katabolisme**.

### 2.5. FOTOSINTESIS

Organisasi dan fungsi sel hidup bergantung pada persediaan energi, dan sumber energi dari makhluk hidup tersimpan dalam molekul-molekul organik. Makhluk hidup yang termasuk kedalam golongan organisme heterotrof, hidup dan tumbuh dengan memanfaatkan energi dari molekul-molekul organik tersebut. Satu-satunya sumber molekul organik di alam ini yang merupakan tumpuan hidup seluruh makhluk hidup berasal dari proses fotosintesis.

Fotosintesis disusun dari dua kata, **foto** dari bahasa Latin *photo* atau *phot* yang berarti sinar dan **sintesis** dari kata *synthesis* yang artinya menggabungkan sesuatu menjadi sesuatu yang kompleks. Jadi arti kata **fotosintesis** secara keseluruhan adalah proses penggabungan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi karbohidrat dalam kloroplas dengan bantuan sinar matahari. Proses fotosintesis ini terjadi pada tanaman yang berhijau daun

#### a) Pigmen Fotosintesis.

Pigmen yaitu substansi yang menyerap cahaya. Sekumpulan pigmen yang berwarna hijau yang ada dalam kloroplas disebut dengan klorofil. Dengan adanya klorofil ini maka daun menjadi hijau dan pigmen ini dapat mengabsorpsi sinar dengan panjang gelombang ungu, biru dan merah. Panjang gelombang sinar yang diabsorpsi oleh satu pigmen disebut dengan spektrum absorpsi. Spektrum absorpsi satu pigmen dengan pigmen yang lain akan berbeda.

Klorofil ada dua macam yaitu klorofil a dan klorofil b. Kedua molekul ini mempunyai struktur yang sama, akan tetapi berbeda dalam spektrum absorpsinya. Disamping kedua pigmen tersebut, dalam tanaman masih ada

satu pigmen lain yaitu karotenoid yang mempunyai kisaran warna merah sampai kuning. Pigmen ini merupakan pigmen dominan pada buah dan bunga. Pada daun juga terdapat pigmen ini, hanya karena tertutup oleh klorofil, maka daun tampak hijau. Pigmen ini akan tampak pada daun bila musim gugur tiba, maka jumlah klorofil berkurang dan daun tampak berwarna kuning dan merah.

Apabila pigmen-pigmen tersebut mengabsorpsi sinar, maka tingkat energi elektron akan lebih tinggi, hal ini memberikan memberikan tiga konsekuensi yaitu :

- energi akan diubah menjadi panas
- akan dipancarkan sebagai energi sinar, disebut dengan fluoresen
- akan digunakan untuk reaksi kimia, seperti yang terjadi pada fotosintesis

#### b) Kloroplas

Reaksi kimia pada proses fotosintesis terjadi pada organ sel yang disebut kloroplas. Satu sel daun mempunyai 40 s/d 50 kloroplas. Keberadaan kloroplas tidak pada semua bagian tanaman, hanya terbatas pada sel batang yang masih muda, buah yang belum matang dan sel daun.

Struktur dari kloroplas adalah struktur memipih, dengan panjang rata 7  $\mu\text{m}$  dan lebar antara 3 – 4  $\mu\text{m}$ . Masing-masing dibatasi sepasang membran luar yang halus. Batas luar ini melingkupi matriks fluida yang disebut dengan **stroma**. Membran dalam terlipat berpasangan yang disebut dengan **lamella**. Secara berkala lamella ini membesar, sehingga membentuk suatu gelembung pipih yang terbungkus membran yang disebut dengan **tilakoid**. Struktur ini tersusun dalam suatu tumpukan, yang mirip tumpukan koin dan tumpukan tilakoid ini disebut dengan **grana**.

## **Daun**

Apabila daun diiris melintang, maka akan tampak bagian-bagian daun, dimulai dari bagian yang paling atas yaitu :

- **Epidermis Atas**

Bagian ini tersusun dari selapis sel tunggal. Sel-sel tersebut mengeluarkan zat yang disebut kutin, sebagai bahan pembentuk kutikula yang berfungsi sebagai penghambat hilangnya air daun/penguapan. Pada bagian ini tidak dijumpai kloroplas.

- **Lapisan Palisade**

Bagian ini disusun dari sel yang berbentuk tabung dan tersusun sedemikian rupa, sehingga sumbu panjangnya tegak lurus dengan bidang daunnya. Setiap sel dari lapisan palisade ini penuh dengan kloroplas dan pada lapisan inilah proses fotosintesis berlangsung.

- **Lapisan Bunga Karang**

Sel penyusun bagian ini bentuknya tidak beraturan dan tersusun tidak rapat. Didalamnya bersisi sedikit kloroplas, sedang fungsi utamanya adalah sebagai penyimpan sementara molekul-molekul makanan yang dihasilkan oleh lapisan palisade. Disamping itu juga membantu dalam pertukaran gas antara daun dan sekitarnya. Selama siang hari sel-sel ini mengeluarkan oksigen dan uap air ke ruang udara yang mengitarinya. Karbondioksida dari udara yang ada di ruang udara diambilnya. Ruang-ruang udara ini saling berhubungan dan akhirnya kebagian luar daun melalui pori-pori daun atau stomata.

Pada kebanyakan tanaman, stomata terdapat yang terutama pada epidermis bawah. Setiap stoma (tunggal) tersusun oleh 2 sel yang berbentuk sosis yang disebut sel jaga atau sel pelindung.

- **Faktor Pembatas Laju Fotosintesis**

Proses fotosintesis pada dasarnya terdiri dari dua tingkatan reaksi yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Reaksi tingkat pertama dibutuhkan energi sinar yang digunakan untuk membentuk ATP dari ADP, reaksi ini dikenal dengan sebutan



reaksi terang, karena membutuhkan sinar. Sedangkan pada reaksi kedua energi dari hasil reaksi pertama digunakan untuk mereduksi karbon dari karbondioksida menjadi gula yang sederhana. Reaksi yang kedua ini dikenal dengan sebutan reaksi gelap, karena tidak membutuhkan cahaya atau sinar.

Persamaan reaksi kimia pada fotosintesis adalah :



Proses fotosintesis baik pada reaksi terang maupun pada reaksi gelap dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Intensitas cahaya, tentunya hanya pada reaksi terang, sedang pada reaksi gelap tidak
2. Temperatur yaitu dengan bertambahnya tingginya temperatur, maka reaksi kimia akan berjalan lebih cepat
3. Adanya gas  $\text{CO}_2$  : jika suplai  $\text{CO}_2$  terbatas, maka laju reaksinya juga terbatas

### BAB III.

## ORGANISME AUTOTROPIK

Bab ini membahas organisme autotropik. Setelah mempelajari bahasan ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan dengan benar apa yang dimaksud dengan organisme autotropik dan segala sesuatu yang berkaitan dengan kehidupan organisme autotropik tersebut.

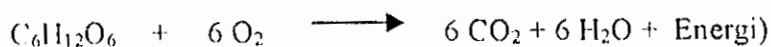
Organisme yang termasuk kedalam kelompok autotropik adalah organisme yang mampu mensintesa senyawa-senyawa organik dari senyawa-senyawa an organik. Sedangkan organisme yang memerlukan senyawa-senyawa organik dari lingkungannya disebut organisme heterotropik. Salah satu kelompok besar yang mewakili organisme autotropik adalah kelompok tanaman.

### 3.1. SISTIM RESPIRASI

Respirasi adalah proses penyerapan oksigen ( $O_2$ ) & pelepasan karbondioksida ( $CO_2$ )

Didalam tanaman terjadinya proses respirasi ini adalah pada malam hari dan terjadi di bagian mitokondria. Oksigen yang diserap ini digunakan untuk mengoksidasi senyawa hasil fotosintesis dan hasilnya berupa energi, gas  $CO_2$  serta air. Energi yang dihasilkan berguna untuk menstimulasi sel untuk pertumbuhan, terkadang bila kondisi temperatur rendah, maka energi yang berupa panas akan dibuang kedalam atmosfer/tanah.

Persamaan reaksi kimia secara sederhana adalah :



- **Faktor Pembatas Respirasi**

Proses respirasi pada tanaman untuk dapat berjalan dengan baik dipengaruhi oleh beberapa faktor, faktor tersebut adalah :

- Substrat yang tersedia
- Oksigen yang tersedia
- Temperatur
- Tipe dan umur tanaman

### **3.2. SISTIM TRANSPIRASI**

Sebelum membicarakan tentang transpirasi, terlebih dahulu harus diketahui tentang adanya lintasan air dan mineral yang terjadi pada tanaman, yang merupakan proses awal sebelum terjadinya transpirasi. Lintasan air dan mineral pada tanaman ada dua tahapan. Tahap pertama adalah lintasan air dan mineral dari dalam tanah menuju keakar, dan tahap kedua adalah lintasan dari akar menuju ke daun.

#### **1. Lintasan Air dan Mineral dari Tanah ke Akar**

Prosesnya adalah : air dan mineral dari dalam tanah melalui rambut akar menuju ke sel epidermis, menuju ke sel korteks, sel endodermis, dan terakhir pada silinder pusat.

Bila pada akar muda, air dan mineral tersebut langsung menuju ke xilem, sedangkan pada sel yang sudah tua tidak langsung ke xilem, akan tetapi menuju ke floem terlebih dulu, baru kemudian ke sel kambium dan terakhir pada xilem.

#### **2. Lintasan Air dan Mineral dari Akar ke Daun**

Prosesnya adalah : air dan mineral yang sudah berada di xilem akar tadi, melalui xilem batang bergerak menuju ke xilem pada tangkai daun, masuk ke xilem urat daun

Dan pada ujung urat daun, air lepas masuk ke lapisan bunga karang dan sel palisade Air yang ada di dalam sel bunga karang diuapkan melalui

stomata. Proses penguapan air yang terjadi lewat stomata tersebut yang disebut dengan **transpirasi**.

### 3. **Faktor pembatas Transpirasi**

Proses penguapan air ini dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan yaitu :

- Cahaya
- Suhu
- Kelembaban
- Angin
- Air tanah

### 3.3. **SISTIM PEMBULUH PADA TANAMAN**

Pengangkutan bahan pada tanaman yang terjadi dalam sistim pembuluh-pembuluh pengangkut disebut dengan **translokasi**. Pembuluh-pembuluh pengangkut tersebut berkelompok membentuk **berkas vaskular** yang meluas ke seluruh organ tanaman, sehingga transport bahan antara organ satu dengan yang lain dapat berjalan dengan cepat dan efisien. Di dalam berkas vaskular tanaman ada dua jaringan yang berlainan yaitu xilem dan floem.

#### 1. **Xilem**

Yaitu jaringan vaskular tanaman yang mengantar air dan melarutkan mineral-mineral dari akar ke atas. Jaringan ini sering memberikan tunjangan mekanis kepada tanaman. Bagian-bagian pada jaringan xilem adalah :

- **Pembuluh xilem**

Terdiri atas tabung yang berdinding tebal, yang tersusun dari lapisan selulosa sekunder dan lignin, dengan diameter 20  $\mu\text{m}$  – 700  $\mu\text{m}$ . Pada dinding ini terdapat celah atau noktah. Pembuluh ini berfungsi mengangkut air dan mineral ke atas melalui berkas vaskular.

- **Trakeid**

Yaitu sel-sel yang berdiameter 30  $\mu\text{m}$  sampai dengan beberapa milimeter. Dalam potongan melintang, sel-sel ini dapat dibedakan dari pembuluh xilem, karena dindingnya bersudut dan ukurannya lebih kecil. Sel trakeid

mempunyai dinding sel tebal dan berkayu dan pada saat matang tidak terdapat sitoplasma. Dindingnya berlubang-lubang, sehingga air dan mineral yang larut dapat mengalir dengan mudah dari trakeid satu ke trakeid yang lain. Seperti pembuluh xilem, trakeid juga berfungsi mengangkut air dan mineral ke atas melalui berkas vaskular.

## **2. Floem**

Yaitu jaringan vaskular yang kompleks pada tanaman yang berfungsi menghantarkan makanan ke seluruh bagian tanaman. Bagian-bagian yang ada pada jaringan floem adalah :

- **Tabung tapisan**

Merupakan pembuluh angkut yang utama pada floem, yang terdiri atas sel-sel silindris dengan diameter 25  $\mu\text{m}$  dan panjang 100 – 500  $\mu\text{m}$ . Dinding ujung sel-sel tabung tapisan dewasa berlubang-lubang. Tabung tapisan ini membentuk saluran yang panjang dari pangkal ke ujung tanaman.

- **Sel tetangga**

Sel yang berdekatan dengan tabung tapisan. Pada saat matang, nukleus pada sel tetangga berfungsi sebagai pengendali terhadap kegiatan sel-sel tabung tapisan.

- **Plasmodesmata**

Yaitu benang-benang halus sitoplasma yang menghubungkan sitoplasma tabung tapisan dan sitoplasma sel tetangga.

## **3.4. STRUKTUR AKAR**

Struktur dari akar tanaman dikotil yang muda, apabila dilihat dari bagian bawah dari ujung akar, akan terdapat:

- **Meristem**

yaitu jaringan yang menghasilkan sel-sel baru yang akan mengembangkan akar pertama (primer). Dengan mitosis yang berulang ini memperbesar panjangnya akar.

- **Daerah perpanjangan**

Suatu daerah akar, dimana selnya merupakan hasil pembelahan berulang dari sel meristem

- **Tudung akar**

Yaitu suatu jaringan yang melindungi jaringan meristem dari gesekan dan kerusakan dalam tanah.

Setelah sel-sel akar itu sepenuhnya memanjang, maka dimulailah terjadi **diferensiasi sel** tersebut artinya terjadi proses modifikasi struktural dan fungsional dari suatu sel yang tidak khusus menjadi sel yang khusus. Hasil dari diferensiasi sel akar tadi terlihat susunannya dari luar kedalam dari irisan melintang akar yaitu:

- Sel epidermis, merupakan diferensiasi dari sel permukaan akar
- Akar Rambut, merupakan diferensiasi dari dinding permukaan yang menjadi panjang yang berguna untuk meningkatkan area permukaan akar dan sebagai jalan masuknya air
- Korteks, merupakan tempat cadangan makanan
- Endodermis, yaitu selapis sel tunggal yang membatasi permukaan dalam korteks
- Perisikel, yaitu sel tempat terbentuknya cabang akar. Di dalam perisikel akar muda terdapat jaringan xilem, floem, dan parenkim atau empulur. Sedangkan pada akar yang tua terdapat kambium diantara jaringan xilem dan floem. Kambium ini melakukan mitosis kearah luar membentuk floem baru (sekunder), dan kedalam membentuk xilem (baru) sekunder.

### 3.5. STRUKTUR BATANG

- **Batang Dikotil Berkayu**

Bagian-bagian dari batang dikotil berkayu, apabila dilihat dari potongan melintang batang, maka terdiri dari tiga bagian yang berbeda yaitu pepagan (kulit), kayu dan empulur. Dibawah ini akan diuraikan tiap-tiap bagian dari batnag diktil tersebut.

- **Pepagan (kulit)**

Pada bagian luar kulit dilindungi oleh lapisan **sel-sel gabus mati** yang dijejali dengan **suberin**. Suberin berguna untuk mengurangi penguapan air dari batang. Pada bagian ini kaya akan **lentisel** yang berguna untuk pertukaran oksigen dan karbondioksida dari batang dan udara disekitarnya. Dibawah gabus terdapat sel parenkim yang menyusun **korteks** yang berfungsi sebagai sel penyimpan makanan. Dalam batang yang masih sangat,sebelum gabusnya berkembang, sel-sel ini kemungkinan berkloroplas, sehingga dapat melakukan fotosintesis. Pada sel batang yang tua ada sel meristem (kambium) yang berkembang antara sel korteks dan gabus. Sel kambium ini berfungsi mengganti sel gabus yang sudah aus. Pada bagian dalam gabus terdapat **jaringan floem** dan **parenkim** secara berselang-seling. Bagian bawah pepagan yang merupakan batas pepagan dan kayu adalah kambium. Kmbium ini bermitosis membentuk floem baru kearah luar dan xilem baru kearah dalam.

- **Kayu**

Bagian kayu dari batang dibentuk oleh jaringan xilem. Untuk itu maka fungsi xilem ada dua yaitu sebagai penunjang dan pengangkut. Xilem yang terbentuk pada musim semi, diameternya akan lebih besar dari xilem yang dibentuk pada musim panas. Pada masa dorman, maka xilem tidak akan terbentuk. Seluruh pita xilem yang terbentuk dalam satu musim tumbuh disebut dengan satu gelang tahunan.

- **Empulur**

Bagian ini merupakan bagian terdalam dari batang muda. Isi dari empulur ini adalah sel-sel parenkim yang berfungsi sebagai daerah penyimpan makanan. Batang yang sudah tua bagian ini akan menghilang.

- **Batang Dikotil Herba**

Struktur dasar dari batang dikotil herba hampir sama dengan struktur batang dikotil berkayu, hanya berbeda pada bagian permukaannya saja. Kalau batang

dikotil berkayu bagian permukaan dilapisi oleh gabus, sedang batang dikotil herba dilapisi oleh **selapis epidermis**. Dibawah sel epidermis terdapat **korteks** yang didalamnya berisi kloroplas, sehingga dapat melakukan fotosintesis. Bagian dalam batang terdapat empulur dan jaringan pembuluh (xilem dan floem dan ditengahnya kambium). Pada batang dikotil herba ini tidak dihasilkan gelang-gelang xilem berkayu, sehingga tidak sekuat batang dukotil berkayu.

- **Batang Monokotil**

Susunan batang monokotil berlainan sekali dengan batang dikotil. Dari irisan batang monokotil terlihat dari bagian tepi luar dan dalam penuh dengan empulur. Berkas pembuluh yaitu xilem dan floem letaknya tidak beraturan di dalam sel sklerenkim.

- **Tulang Daun**

Berkas pembuluh pada tulang daun merupakan perluasan berkas pembuluh dari batang. Dari batang ke dalam daun dan kemudian kedalam berbagai urat daun, sampai ke dalam urat-urat daun yang teramat halus. Pada tulang daun terdapat pula jaringan pembuluh yaitu xilem dan floem yang biasanya dikelilingi oleh sel sklerenkim.

### 3.6. GERAK PADA TANAMAN

Salah satu perbedaan antara organisme hidup dan benda mati adalah bahwa organisme hidup mampu bereaksi secara aktif terhadap perubahan-perubahan tertentu di lingkungan sekitarnya atau tanggap terhadap rangsangan. Tanaman untuk melaksanakan ketanggapan dan koordinasinya melalui suatu sistim koordinator kimia yaitu dengan hormon tanaman. Tanaman beraksi terhadap lingkungannya dengan cara mengadakan pertumbuhan. Respon pertumbuhan tersebut dapat mengakibatkan satu bagian tanaman lebih cepat tumbuh dari bagian tanaman yang lain.



Pada tanaman dikenal dua macam gerakan pertumbuhan sebagai respon terhadap rangsangan dari luar, gerak tersebut yaitu :

#### 1. Gerakan Nasti

Yaitu suatu gerakan yang merupakan respon dari rangsangan luar, akan tetapi tidak ditentukan oleh arah asal rangsangan luar yang mengenai organisme.

Contohnya: bunga-bunga tertentu akan mekuk setelah matahari terbit

#### 2. Tropisme

Yaitu gerakan pertumbuhan yang arahnya ditentukan oleh arah rangsangan yang mengenai tanaman tersebut. Jika bagian tanaman tumbuh ke arah asal rangsangan, maka disebut **tropisme positif**. Sedang pertumbuhan yang berlawanan dengan arah asal rangsangan merupakan **tropisme negatif**.

Tanaman yang bereaksi terhadap rangsangan cahaya dan rangsangan gaya tarik bumi atau gravitasi. Untuk tanaman yang bereaksi terhadap rangsangan cahaya disebut dengan **fototropisme**, sedangkan yang bereaksi dengan gayagravitasi disebut dengan **geotropisme**.

Seperti telah disebutkan didepan bahwa tanaman untuk melaksanakan ketanggapan dan koordinasinya melalui suatu sistim koordinator kimia yaitu dengan hormon tanaman. Yang disebut **hormon tanaman** adalah substansi kimia yang dihasilkan oleh sel tanaman dalam satu bagian tertentu, yang setelah dialirkan oleh cairan tubuh tanaman akan mempengaruhi pada aktifitas sel di tempat lain.

Pada tanaman ternyata ditemukan beberapa jenis hormon yang mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman. Hormon tersebut yaitu :

- **Auksin :**

kegiatan dari hormon ini adalah mempengaruhi perkembangan buah, dominasi apikal, absisi dan permulaan akar

- **Giberelin :**

kegiatan dari hormon ini akan merangsang pertumbuhan bunga, batang dan akar, mempengaruhi pertunasan kuncup dan berperan dalam proses perkecambahan

- **Sitokinin :**

bersama auksin merangsang mitosis dalam jaringan meristematik, merangsang diferensiasi sel yang dihasilkan oleh jaringan meristem, menjadikan tanaman bertambah tua perlahan-lahan, dan meningkatkan resistensi terhadap pengaruh yang merugikan

- **Asam Absisat (ABA) :**

Berfungsi sebagai penghambat (inhibitor) dan juga berperan dalam koordinasi kegiatan tanaman, dan mempercepat absisi pada bagian tanaman yang menua

- **Etilena :**

Memicu proses masakny buah dengan cara memberi enzim penghancur klorofil

- **Proses Perbungaan**

Salah satu kegiatan perkembangan terpenting pada angiospermae adalah perbungaan. Kegiatan ini masih merupakan suatu kegiatan tanaman yang juga mengandalkan adanya sistim koordinasi kimia, tanpa adanya bantuan sistim ini, maka proses perbungaan ini tidak akan berlangsung dengan baik. Pada proses perbungaan ini dipengaruhi oleh dua faktor yaitu :

1. Suhu : biasanya pada musim panas untuk pembentukan akar, batang, dan daun dan pada musim dingin baru terbentuk bunga
2. Waktu lama penyinaran : dengan adanya faktor ini pada proses perbungaan, maka tanaman dibagi menjadi dua yaitu tanaman hari panjang yaitu tanaman yang membutuhkan cahaya terang yang panjang untuk proses perbungaaan dan tanaman hari pendek yaitu tanaman yang berbunga pada cuaca yang gelap atau tidak membutuhkan cahaya terang. Respon perbungaan yang diatur oleh panjangnya hari disebut dengan **fotoperiodisme**

Pada proses perbungaan yang membutuhkan cahaya dibantu oleh substansi kimia yang disebut **fitokrom**. Fitokrom selain dapat menyerap cahaya juga dapat berfungsi dalam perkecambahan biji dan mengatur pertumbuhan batang serta membantu dalam proses penuaan dan kematian spontan pada tanaman.

## **BAB IV.**

### **JARINGAN**

Bab ini membahas jaringan. Setelah mempelajari bahasan ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan dengan benar arti jaringan, baik jaringan tumbuhan maupun jaringan hewan serta fungsinya dari suatu makhluk hidup.

Yang dimaksud dengan jaringan adalah sekumpulan sel yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama.

Dalam jaringan, pada umumnya terdapat 3 komponen dasar yang menyusunnya, yaitu :

- a. Sel, merupakan komponen yang bersifat hidup dalam jaringan dan merupakan unit struktural dan fungsional yang terkecil dalam organisme.
- b. Substansi seluler, bersifat tidak hidup dan sebagai hasil produksi sel. Sebagian nampak dari penamaannya maka substansi ini terdapat diantara sel-sel dalam jaringan dan dapat berupa substansi dasar yang tidak berbentuk dapat juga berupa serabut.
- c. Cairan, merupakan komponen yang menonjol dalam plasma darah, cairan limfa dan sebagainya.

#### **1. JARINGAN HEWAN**

Berdasarkan fungsi dan strukturnya, jaringan hewan dikelompokkan menjadi 4 macam jaringan dasar, yaitu jaringan epitel, jaringan pengikat, jaringan otot dan jaringan saraf.

##### **1. Jaringan epitel**

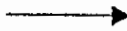
- Terdiri dari sekumpulan sel yang susunannya sangat rapat sehingga membentuk lembaran (membran) maka disebut pula membran epitel
- Jaringan ini tidak mempunyai substansi interseluler dan cairannya sangat sedikit.
- jaringan ini biasanya membatasi tubuh dengan lingkungannya, baik disebelah luar maupun sebelah dalam

### Bentuk sel epitel

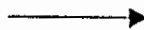
Squamous



Kuboid



Silindris



Berdasarkan susunan sel-sel yang menyusunnya, jaringan epitel dibedakan menjadi 8, yaitu :

- a) epitel pipih selapis
- b) epitel pipih berlapis
- c) epitel kuboid selapis
- d) epitel kuboid berlapis
- e) epitel silindris selapis
- f) epitel silindris berlapis
- g) epitel silindris bertingkat
- h) epitel transisional

### Fungsi Epitel :

- Proteksi

Berfungsi melindungi jaringan di bawahnya dari gesekan, radiasi & penyakit



Ep. Kulit

- Absorpsi

Selain berfungsi perlindungan, juga berperan dalam proses penyerapan hasil-hasil pencernaan makanan yang bekerja secara selektif.



Ep. pd permukaan usus

- **Lubrikasi**

Sebagian besar saluran-saluran dalam tubuh, permukaannya harus tetap basah, sehingga epitel yang menutupi harus mampu menghasilkan cairan tertentu, misalnya pada genitalia betina.

- **Sekretori**

Berfungsi untuk menghasilkan kelenjar

- **Sensori**

Berfungsi sebagai penerima rangsang

—————→ Ep. pada alat-alat indra

## **2. Jaringan Pengikat**

Jaringan pengikat merupakan jenis kedua dari jaringan dasar, yang berfungsi sebagai penopang, menghubungkan dan mengisi celah antar jaringan dengan ciri-ciri yaitu : terdiri dari bermacam-macam sel, terdapat substansi seluler dan berasal dari jaringan mesenkhim

### **a. Jaringan pengikat biasa**

- ▶ tersusun oleh sel yang susunannya tidak rapat
- ▶ komponen utama jaringan pengikat adalah sel & substansi interseluler
- ▶ substansi interselulernya berupa serabut kolagen, serabut elastis dan serabut retikuler
- ▶ berfungsi sebagai tempat bertumpu sel-sel epitel
- ▶ berfungsi sebagai penyokong nutrisi pada sel-sel otot

Untuk mengklasifikasi jaringan pengikat sebenarnya tidak mudah, karena beberapa jenis jaringan pengikat dapat dimasukkan ke dalam lebih dari satu golongan. Untuk kepentingan struktur histologisnya, dapat dibedakan secara global, yaitu :

- 1) Jaringan pengikat embrional, yaitu jaringan pengikat yang biasanya terdapat pada embrio. Jaringan ini berkembang menjadi jaringan dasar dewasa.

## 2). Jaringan pengikat dewasa

Pada jaringan pengikat dewasa, terdapat 5 jenis jaringan berdasarkan komponen penyusunya, yaitu :

- Jaringan pengikat longgar
- Jaringan pengikat padat
- Jaringan pengikat retikuler
- Jaringan pengikat berpigmen
- Jaringan lemak

### *b. Jaringan Pengikat Penyokong*

Dalam jaringan pengikat penyokong, susunan sel dan substansi interselulernya sangat berbeda dengan jaringan epitel. Sel-selnya tidak rapat satu sama lain, tetapi terletak berpencar yang kadang berhubungan satu dengan yang lain tetapi kadang tidak berhubungan sama sekali. Substansi interselulernya menyolok dan menjadi bagian terpenting dan terbesar pada jaringan ini. Jaringan ini memiliki daya tahan yang besar karena struktur yang sangat berbeda.

Fungsi jaringan ini adalah untuk menahan berat, sebagai penyokong dan pengikat.

Jaringan ikat penyokong dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu *cartilago* dan tulang.

#### *1) Cartilago*

- Disebut juga tulang rawan
- komponen utama jaringan ini adalah sel dan substansi interseluler
- selnya disebut kondrosit
- jaringan pengikat yang membungkus kartilago disebut perikondrium
- Fungsinya untuk penyokong (pada daun telinga) dan proteksi (pada embrio)

Berdasarkan jumlah matriks dan komposisi serabut penyusunnya, kartilago dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu : kartilago hyalin, kartilago elastis dan kartilago fibrosa

#### *Pembentukan kartilago*

a. Aposisi, yaitu perubahan fibroblast dalam perikondrium

Fibroblas : sel muda

Perikondrium : jaringan pengikat yang membungkus kartilago

b. Interstitial, yaitu hasil mitosis khondrosit yang telah ada

Kartilago dapat mengalami kalsifikasi (pengapuran) apabila

- Kondrosit sangat besar (hipertrofi)
- Cukup ion kalsium dan fosfat dalam cairan tubuh
- Keadaan lingkungan bersifat basa
- Terdapat substansi intersekuler organik yang mempunyai afinitas terhadap garam kalsium apabila konsentrasinya terdapat pada titik pengendapan
- Adanya enzim alkali fosfatase yang digunakan untuk membebaskan ion fosfat dari ester fosfat, sehingga kadar ion fosfat meningkat.

#### *2) Tulang*

Tulang dan kartilago merupakan jaringan pengikat penyokong. Walaupun kartilago dapat mengalami pengapuran, tidaklah berarti bahwa kartilago yang mengapur tersebut dinamakan tulang.

- komponen utama jaringan ini adalah sel dan substansi interseluler
- selnya disebut osteosit
- fungsinya untuk penyokong : membentuk rangka yang menyusun tubuh
- fungsi pelindung : melindungi otak dan alat tubuh lainnya

### *Perbedaan tulang dan kartilago*

1. tulang memiliki sistem kanalikuler yang menembus seluruh substansi tulang
2. tulang memiliki pembuluh darah untuk nutrisi sel-sel tulang
3. tulang hanya dapat tumbuh secara aposisi
4. substansi interseluler selalu mengalami pengapuran

### *c. Jaringan hemopoietik (Darah)*

Darah merupakan suatu suspensi sel dan fragmen sitoplasma didalam cairan yang disebut plasma. Darah termasuk dalam jaringan pengikat dalam arti luas disebabkan karena pada dasarnya terdiri dari unsur sel-sel dan substansi seluler yang berbentuk plasma.

#### Elemen dalam darah

##### Eritrosit

- ▶ disebut juga sel darah merah
- ▶ selnya berbentuk seperti cakram
- ▶ Dalam setiap 1 mm<sup>3</sup> darah terdapat 5 juta eritrosit

##### Leukosit

- ▶ disebut juga sel darah putih
- ▶ selnya berbentuk bulat dan mempunyai inti lebih dari 1
- ▶ dalam setiap mm<sup>3</sup> darah normal terdapat 3.000 – 6.000 leukosit

##### Trombosit

- ▶ karena tidak memiliki inti, sel ini disebut juga keping darah
- ▶ dalam setiap 1 mm<sup>3</sup> terdapat 150.000 – 300.000 sel

#### Fungsi darah

- ▶ membawa nutrisi ke jaringan tubuh
- ▶ membawa O<sub>2</sub> dari paru ke jaringan dan membawa CO<sub>2</sub> dari jaringan ke paru



- ▶ membawa produk buangan dari berbagai jaringan menuju ke ginjal untuk diekskresikan
- ▶ berperan dalam pertahanan tubuh terhadap penyakit

### 3. Jaringan otot

Adalah jaringan yang mampu melaksanakan kerja mekanik dengan jalan kontraksi dan relaksasi

Jenis jaringan otot

#### a. Otot Polos

- selnya tersusun melebar berbentuk *gelendong*
- memiliki 1 inti yang terdapat pada bagian yang melebar
- sel otot ini dikelilingi oleh membran plasma yang disebut *sarkolema*
- kadang-kadang dijumpai benang-benang halus yang disebut *myofibril*
- berfungsi untuk memberikan gerakan yang diluar kemauan kita

#### b. Otot Seran lintang

- permukaannya bergaris-garis sehingga disebut juga otot lurik
- serabut ototnya sangat panjang, sehingga jarang ditemukan ujungnya
- memiliki banyak inti
- terdapat pada kerangka
- berfungsi untuk menggerakkan tulang dan melindungi rangka dari benturan

#### c. Otot Jantung

- disebut juga *myocardium*
- terdiri dari serabut otot yang bergaris melintang
- strukturnya sama dengan otot seran lintang tetapi memiliki percabangan
- terdapat pada lapisan tengah dinding jantung
- berfungsi untuk menimbulkan kontraksi pada jantung untuk memompa darah dari jantung ke pembuluh darah

#### 4. Jaringan saraf

- ▶ sel saraf memiliki tonjolan yang bercabang-cabang
- ▶ selnya disebut *neuron* yang memiliki 1 inti yang besar dan terletak ditengah
- ▶ selnya dibedakan menjadi :
  - badan sel (perykaryon)*, yaitu bagian sel yang mempunyai inti
  - dendrit* : merupakan tonjolan dari badan sel yang memiliki percabangan
  - axon* : merupakan tonjolan yang hanya satu dan berfungsi merambatkan impuls saraf.

Fungsinya :

- menerima rangsang dari lingkungannya
- merubah rangsang tersebut menjadi impuls
- meneruskan impuls saraf tersebut ke pusat
- dan pusat saraf akan memberikan jawaban atas rangsang tersebut

Sistem saraf dibedakan menjadi 2, yaitu :

- sistem saraf pusat
  - ▶ merupakan sistem saraf yang terletak di otak dan korda spinalis
- sistem saraf perifer
  - ▶ merupakan sistem saraf yang terletak di otak dan korda spinalis
  - ▶ sistem saraf ini memungkinkan adanya komunikasi dari lingkungan

## 1.2. JARINGAN TUMBUHAN

Seperti pada hewan, pada tumbuhan juga terdapat bermacam jaringan yang berbeda bentuk dan fungsinya. Secara garis besar, jaringan tumbuhan dapat dikelompokkan menjadi 6, yaitu :

### 1. Jaringan Muda (Meristem)

- Tersusun oleh sel-sel embrional
- Membran selnya tipis, ruang sel penuh dengan protoplasma, dan vakuolanya kecil.

- Selnya selalu mengadakan pembelahan

**Fungsinya**

- Untuk melakukan pembelahan

**Terletak pada :**

- Titik tumbuh akar (sel apikal) dan titik tumbuh batang

## **2. Jaringan Dasar (Parenkhim)**

- Paling banyak & umum dijumpai
- Dinding selnya tipis, jika terjadi penebalan, penebalannya tipis
- Merupakan sel-sel yang masih memiliki kegiatan

**Fungsinya**

- Untuk menyimpan cadangan makanan
- Sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis
- Sebagai jaringan penyokong

**Terdapat pada :**

- Korteks
- Empulur batang
- Pada daging buah, berupa cadangan makanan

## **3. Jar. Pelindung**

- Untuk melindungi tumbuhan dari pengaruh dari luar

Dikenal 2 jenis, yaitu

### **a. Epidermis**

- Terdapat pada lapisan paling luar dari tumbuhan
- Tersusun dari selapis sel yang sangat rapat
- Kadang-kadang berbentuk trichomata, sel buliform & stoma.

### **b. Gabus**

- Terdapat dibagian tepi alat tumbuhan, terutama pada tumbuhan berumur panjang

- Terjadi karena epidermis yang telah mati, dan jaringan gabus ini menggantikan fungsi epidermis.
- Terdapat pada lenti sel

#### 4. Jaringan Penguat

- Sel-selnya berdinding tebal dan mengandung lignin
- Lignin ini memberikan sifat keras pada dinding selnya

##### Manfaat

- Memberi kekuatan pada alat tumbuhan yang berada di atas tanah
- Memberi kekuatan atau keseimbangan pada pertumbuhan tanaman, sehingga dapat tumbuh & berkembang dengan baik

##### Jenis jaringan penguat

###### a. Kollenkhim

- Jaringan ini melaksanakan fungsinya pada organ tumbuhan yang masih aktif
- Terdapat penebalan pada sudut-sudutnya
- Dinding selnya terdiri dari selulosa dan pektin
- Terdapat pada tangkai daun, tulang daun dan ranting

###### b. Sklerenkhim

- Jaringan berfungsinya pada organ tumbuhan yang tidak aktif, atau sebagai alat untuk bertahan thd tekanan dari luar.
- Terdapat penebalan yg merata
- Dinding selnya td lignin
- Terdapat pada korteks

#### 5. Jaringan Pengangkut

##### Fungsinya

Mengambil zat mineral dari dalam tanah untuk fotosintesa dan mengedarkan hasil fotosintesa itu ke seluruh tubuh tumbuhan

Pada jaringan pengangkut dapat dibedakan menjadi :

a. Xilem

- Disebut juga pembuluh kayu
- Mengambil zat mineral dari dalam tanah untuk keperluan fotosintesa

b. Floem

- Disebut juga pembuluh tapis
- mengedarkan hasil fotosintesa itu ke seluruh tubuh tumbuhan

6. Idioblast

- Adalah sekumpulan sel dalam suatu jaringan yang bentuk berbeda dengan fungsi tertentu
- Biasanya merupakan alat ekskresi dan kelenjar
- Sering pula disebut jaringan sekresi

Pada tumbuhan dijumpai beberapa alat sekresi, yaitu :

- saluran getah, terdapat pada tanaman karet
- sel-sel resin, terdapat pada tanaman damar
- sel-sel zat penyamak, terdapat pada tanaman bakau
- kelenjar pencernaan pada bunga kantung semar

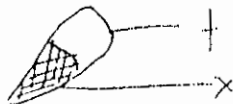
### 3. TIPE IKATAN PEMBULUH

1. Kolateral

adalah tipe ikatan pembuluh dimana mempunyai satu bagian floem diluar dan xilem di dalam

a. Kolateral tertutup

Diantara xilem dan floem tidak terdapat kambium



b. Kolateral Terbuka

Diantara xilem dan floem terdapat kambium

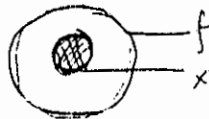


## 2. Konsentris

Merupakan berkas pengangkut khusus, dimana satu unsur jaringan pengangkut terletak ditengah, sedangkan unsur yang lain terletak disekelilingnya.

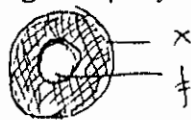
### a. K. Amphikribal

Ikatan pembuluh yang mempunyai drh floem mengelilingi drh xilem



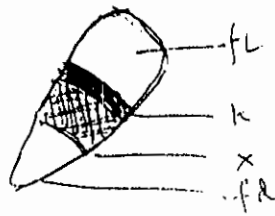
### b. K. Amphivasal

Ikatan pembuluh yang mempunyai daerah xilem mengelilingi daerah floem



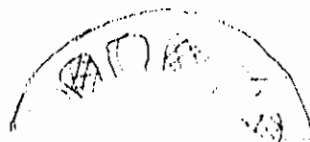
## 3. Bikolateral

Tipe ikatan pembuluh yg mempunyai floem diantara daerah xilem. Sedangkan kambium hanya terletak diantara floem luar dengan xilem



## 4. Radial

Adalah tipe ikatan pembuluh yang mempunyai xilem dan floem tersusun seperti lingkaran yang berganti-ganti



## **BAB V.**

### **SISTEM PERNAFASAN**

Bab ini membahas sistem pernafasan. Setelah mempelajari bahasan ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan dengan benar : definisi respirasi, membedakan pertukaran gas pada tanaman dan hewan dan membedakan respirasi pada organisme tingkat rendah sampai organisme tingkat tinggi.

Yang dimaksud dengan pernafasan atau respirasi adalah pertukaran gas antara organisme dengan lingkungannya.

#### **5.1. PERTUKARAN GAS PADA ORGANISME AKUATIK**

Pada mikroorganisme akuatik, seperti amuba, CES adalah air lingkungannya. Rasio daerah permukaan terhadap volume pada amuba cukup besar sehingga difusi sederhana gas antara sel dan air cukup untuk memelihara kebutuhannya. Ketika amuba bernafas, penggunaan oksigen oleh mitokondrionnya menyebabkan konsentrasi oksigen di dalam sel rendah. Bila konsentrasi oksigen dalam air di luar lebih besar daripada di dalam sel, oksigen akan berdifusi ke dalam sel. Konsentrasi oksigen air selanjutnya, dipelihara oleh :

- (a) Difusi oksigen dari udara ke dalam air dan
- (b) Produksi oksigen ketika terjadi fotosintesis oleh tumbuhan akuatik.

Pada waktu amuba sedang menggunakan oksigen, amuba sedang memproduksi karbondioksida. Bila konsentrasi gas ini dalam sel menjadi lebih besar daripada konsentrasi dalam air lingkungan, maka gas keluar dari sel secara difusi. Konsentrasi karbon dioksida dari air dipelihara pada kadar cukup rendah dengan dua mekanisme:

- (1) Tumbuhan akuatik menghabiskan karbondioksida pada waktu fotosintesis;
- (2) Dan mendifusikan ke dalam udara.

## 5.2. PERTUKARAN GAS DALAM AKAR DAN BATANG

Tumbuhan tidak mempunyai organ khusus untuk pertukaran gas (dengan beberapa pengecualian yang tak dapat dihindarkan). Ada beberapa sebab mengapa tumbuhan mampu hidup, tanpa alat pertukaran gas. Pertama, setiap bagian dari tumbuhan memelihara akan kebutuhan pertukaran gas masing-masing. Pada tumbuhan terdapat sangat sedikit pengangkutan gas dari satu bagian ke bagian lainnya. Meskipun tumbuhan mempunyai sistem transpor cairan yang baik, sistem ini tak ikut dalam transpor gas.

Kedua, tumbuhan tidak membutuhkan permintaan besar untuk pertukaran gas. Akar, batang, dan daun bernafas dengan laju jauh lebih rendah daripada yang khas bagi hewan. Hanya pada waktu fotosintesis, terdapat volume besar gas yang bertukar, dan seperti yang akan kita lihat, setiap daun menyesuaikan diri dengan baik untuk memelihara kebutuhannya sendiri selama periode ini.

Ketiga, jarak gas yang harus berdifusi, meskipun dalam tumbuhan yang besar sekali, tak besar. Setiap sel dalam tumbuhan tersebut terletak sangat dekat dengan permukaannya. Tumbuhan menyusun sel-sel ini dengan cara yang sangat sama seperti planaria, ialah dengan penyusunan sel-selnya dalam lembaran yang tipis dengan hasil, ialah rasio permukaan terhadap volume tinggi, semuanya sesuai dan baik untuk daun-daun, tapi bagaimana untuk batang dan akar yang tebal dan bersifat kayu. Sesungguhnya, keadaan dalam organ-organ ini tak berbeda dengan daun-daun tersebut. Sel-sel yang hidup dari batang disusun dalam lapisan-lapisan tipis di dalam dan dibawah kulit. Selsel dari bagian dalam pada batang yang berkayu, mati dan berfungsi hanya sebagai penunjang secara mekanis.

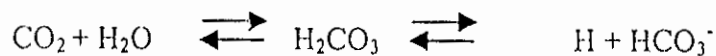
Akhirnya, sebagian besar sel dari suatu tumbuhan paling tidak mempunyai bagian permukaan yang bersinggungan dengan udara. Kumpulan sel-sel parenkim yang longgar dalam daun, batang dan akar memberikan sistem ruang-ruang udara yang saling berhubungan. Gas-gas dalam udara berdifusi seribu kali lebih cepat daripada dalam air. Jadi, sekali, oksigen dan karbondioksida dapat masuk dalam anyaman ruang hawa intersel gas-gas tersebut berdifusi dengan cepat.



### 5.3. PERTUKARAN GAS DALAM DAUN

Daun yang sedang melakukan fotosintesis dengan cepat, membutuhkan persediaan karbondioksida yang banyak dan mantap. Dalam proses tersebut, daun harus juga membebaskan oksigen dengan volume yang sama.

Pertukaran terjadi melalui pori-pori pada permukaan daun ialah stomastoma (mulut daun). Ketika daun sedang melakukan fotosintesis dengan aktif, isi karbon dioksida dari hawa dalam ruang hawa dalam lapisan bersifat spons turun di bawah 0,03% yang terdapat di udara luar. Sebagai akibatnya dari perbedaan konsentrasi ini, karbondioksida dari udara luar kemudian berdifusi melalui stoma-stoma ke dalam ruang-ruang hawa lapisan bersifat spons, kemudian keluar melalui ruang-ruang hawa intersel dari sel-sel lapisan palisade. Dalam daun setelah karbondioksida larut dalam lapisan tipis cairan yang menyelaputi permukaan setiap sel di bagian dalam daun, kemudian berdifusi ke dalam sel-sel. Sitoplasma sel-sel ini kaya akan karbonat anhidrase, yang akan mengkatalis pembentukan asam karbonat:



Pernapasan atau respirasi mempunyai arti :

- Proses pengambilan oksigen, pengeluaran karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan penggunaan energi yang dihasilkan oleh tubuh.
- Pertukaran gas antara sel dengan lingkungannya
- Reaksi enzimatik, sebab dalam proses tersebut ada satu enzim yang memegang peranan penting yaitu sitokrom (enzim pernapasan).

### 5.4. RESPIRASI PADA SERANGGA

Corong hawa (*trakea*) adalah alat pernapasan yang dimiliki oleh serangga dan anthropoda lainnya. Pembuluh trakea bermuara pada lubang kecil yang ada di kerangka luar (*eksoskeleton*) yang disebut *spirakel*. Spirakel berbentuk pembuluh silindris yang berlapis zat kitin, dan terletak berpasangan pada setiap segmen tubuh. Spirakel mempunyai katup yang dikontrol oleh otot sehingga membuka

dan menutupnya spirakel terjadi secara teratur. Pada umumnya spirakel terbuka selama serangga terbang, dan tertutup saat serangga beristirahat.

Oksigen dari luar masuk lewat spirakel. Kemudian udara dari spirakel menuju pembuluh-pembuluh trakea dan selanjutnya pembuluh trakea bercabang lagi menjadi cabang halus yang disebut trakeolus sehingga dapat mencapai seluruh jaringan dan alat tubuh bagian dalam. Trakeolus tidak berlapis kitin, berisi cairan, dan dibentuk oleh sel yang disebut *trakeoblas*. Pertukaran gas terjadi antara trakeolus dengan sel-sel tubuh. Trakeolus ini mempunyai fungsi yang sama dengan kapiler pada sistem pengangkutan (transportasi) pada vertebrata.

Mekanisme pernapasan pada serangga, misalnya belalang, adalah sebagai berikut. Jika otot perut belalang berkontraksi maka trakea memipih sehingga udara kaya  $\text{CO}_2$ , keluar. Sebaliknya, jika otot perut belalang berelaksasi maka trakea kembali pada volume semula sehingga tekanan udara menjadi lebih kecil dibandingkan tekanan di luar sebagai akibatnya udara di luar yang kaya  $\text{O}_2$ , masuk ke trakea. Sistem trakea berfungsi mengangkut  $\text{CO}_2$  dan mengedarkannya ke seluruh tubuh, dan sebaliknya mengangkut  $\text{CO}_2$  hasil respirasi untuk dikeluarkan dari tubuh. Dengan demikian, darah pada serangga hanya berfungsi mengangkut sari makanan dan bukan untuk mengangkut gas pernapasan.

Di bagian ujung trakeolus terdapat cairan sehingga udara mudah berdifusi ke jaringan. Pada serangga air seperti jentik nyamuk udara diperoleh dengan menjulurkan tabung pernapasan ke permukaan air untuk mengambil udara.

## 5.5. RESPIRASI PADA IKAN

Insang dimiliki oleh jenis ikan (pisces). Insang berbentuk lembaran lembaran tipis berwarna merah muda dan selalu lembab. Bagian terluar dari insang berhubungan dengan air, sedangkan bagian dalam berhubungan erat dengan kapiler-kapiler darah. Tiap lembaran insang terdiri dari sepasang *filamen*, dan tiap filamen mengandung banyak lapisan tipis (*lamela*). Pada filamen terdapat pembuluh darah yang memiliki banyak kapiler sehingga memungkinkan  $\text{O}_2$  berdifusi masuk dan

CO<sub>2</sub> berdifusi keluar. Insang pada ikan bertulang rawan tidak ditutupi oleh operkulum.

Insang tidak saja berfungsi sebagai alat pernapasan tetapi dapat pula berfungsi sebagai alat ekskresi garam-garam, penyaring makanan, alat pertukaran ion, dan osmoregulator. Beberapa jenis ikan mempunyai *labirin* yang merupakan perluasan ke atas dari insang dan membentuk lipatan-lipatan sehingga merupakan rongga-rongga tidak teratur. Labirin ini berfungsi menyimpan cadangan O<sub>2</sub>, sehingga ikan tahan pada kondisi yang kekurangan O<sub>2</sub>. Contoh ikan yang mempunyai labirin adalah : ikan gabus dan ikan lele. Untuk menyimpan cadangan O<sub>2</sub>, selain dengan labirin, ikan mempunyai gelembung renang yang terletak di dekat punggung.

Mekanisme pernapasan pada ikan melalui 2 tahap, yakni inspirasi dan ekspirasi. Pada fase inspirasi, O<sub>2</sub> dari air masuk ke dalam insang kemudian O<sub>2</sub> diikat oleh kapiler darah untuk dibawa ke jaringan yang membutuhkan. Sebaliknya pada fase ekspirasi, CO<sub>2</sub> yang dibawa oleh darah dari jaringan akan bermuara ke insang dan dari insang diekskresikan keluar tubuh.

Selain dimiliki oleh ikan, insang juga dimiliki oleh katak pada fase berudu, yaitu insang luar. Hewan yang memiliki insang luar sepanjang hidupnya adalah salamander.

## 5.6. RESPIRASI PADA KATAK

Pada katak, oksigen berdifusi lewat selaput rongga mulut, kulit, dan paru-paru. Kecuali pada fase berudu bernapas dengan insang karena hidupnya di air. Selaput rongga mulut dapat berfungsi sebagai alat pernapasan karena tipis dan banyak terdapat kapiler yang bermuara di tempat itu. Pada saat terjadi gerakan rongga mulut dan faring, lubang hidung terbuka dan glotis tertutup sehingga udara berada di rongga mulut dan berdifusi masuk melalui selaput rongga mulut yang tipis. Selain bernapas dengan selaput rongga mulut, katak bernapas pula dengan kulit, ini dimungkinkan karena kulitnya selalu dalam keadaan basah dan mengandung banyak kapiler sehingga gas pernapasan mudah berdifusi. Oksigen yang masuk

CO<sub>2</sub> berdifusi keluar. Insang pada ikan bertulang rawan tidak ditutupi oleh operkulum.

Insang tidak saja berfungsi sebagai alat pernapasan tetapi dapat pula berfungsi sebagai alat ekskresi garam-garam, penyaring makanan, alat pertukaran ion, dan osmoregulator. Beberapa jenis ikan mempunyai *labirin* yang merupakan perluasan ke atas dari insang dan membentuk lipatan-lipatan sehingga merupakan rongga-rongga tidak teratur. Labirin ini berfungsi menyimpan cadangan O<sub>2</sub>, sehingga ikan tahan pada kondisi yang kekurangan O<sub>2</sub>. Contoh ikan yang mempunyai labirin adalah : ikan gabus dan ikan lele. Untuk menyimpan cadangan O<sub>2</sub>, selain dengan labirin, ikan mempunyai gelembung renang yang terletak di dekat punggung.

Mekanisme pernapasan pada ikan melalui 2 tahap, yakni inspirasi dan ekspirasi. Pada fase inspirasi, O<sub>2</sub> dari air masuk ke dalam insang kemudian O<sub>2</sub> diikat oleh kapiler darah untuk dibawa ke jaringan yang membutuhkan. Sebaliknya pada fase ekspirasi, CO<sub>2</sub> yang dibawa oleh darah dari jaringan akan bermuara ke insang dan dari insang diekskresikan keluar tubuh.

Selain dimiliki oleh ikan, insang juga dimiliki oleh katak pada fase berudu, yaitu insang luar. Hewan yang memiliki insang luar sepanjang hidupnya adalah salamander.

## 5.6. RESPIRASI PADA KATAK

Pada katak, oksigen berdifusi lewat selaput rongga mulut, kulit, dan paru-paru. Kecuali pada fase berudu bernapas dengan insang karena hidupnya di air. Selaput rongga mulut dapat berfungsi sebagai alat pernapasan karena tipis dan banyak terdapat kapiler yang bermuara di tempat itu. Pada saat terjadi gerakan rongga mulut dan faring, lubang hidung terbuka dan glotis tertutup sehingga udara berada di rongga mulut dan berdifusi masuk melalui selaput rongga mulut yang tipis. Selain bernapas dengan selaput rongga mulut, katak bernapas pula dengan kulit, ini dimungkinkan karena kulitnya selalu dalam keadaan basah dan mengandung banyak kapiler sehingga gas pernapasan mudah berdifusi. Oksigen yang masuk

lewat kulit akan melewati vena kulit (*vena kutanea*) kemudian dibawa ke jantung untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Sebaliknya karbon dioksida dari jaringan akan di bawa ke jantung dari jantung dipompa ke kulit dan paru-paru lewat arteri kulit paru-paru (*arteri pulmo kutanea*). Dengan demikian pertukaran oksigen dan karbondioksida dapat terjadi di kulit.

Selain bernapas dengan selaput rongga mulut dan kulit, katak bernapas juga dengan paru-paru walaupun paru-parunya belum sebaik paru-paru mamalia.

Katak mempunyai sepasang paru-paru yang berbentuk gelembung tempat bermuaranya kapiler darah. Permukaan paru-paru diperbesar oleh adanya bentuk-bentuk seperti kantung sehingga gas pernapasan dapat berdifusi. Paru-paru dengan rongga mulut dihubungkan oleh bronkus yang pendek.

Dalam paru-paru terjadi mekanisme inspirasi dan ekspirasi yang keduanya terjadi saat mulut tertutup. Fase inspirasi adalah saat udara (kaya oksigen) yang masuk lewat selaput rongga mulut dan kulit berdifusi pada gelembung-gelembung di paru-paru. Mekanisme inspirasi adalah sebagai berikut. Otot *Sternohiodeus* berkontraksi sehingga rongga mulut membesar, akibatnya oksigen masuk melalui *koane*. Setelah itu *koane* menutup dan otot rahang bawah dan otot *geniohioidus* berkontraksi sehingga rongga mulut mengecil. Mengecilnya rongga mulut mendorong oksigen masuk ke paru-paru lewat celah-celah. Dalam paru-paru terjadi pertukaran gas, oksigen diikat oleh darah yang berada dalam kapiler dinding paru-paru dan sebaliknya, karbondioksida dilepaskan di lingkungan. Mekanisme ekspirasi adalah sebagai berikut. Otot-otot perut dan *sternohiodeus* berkontraksi sehingga udara dalam paru-paru tertekan keluar dan masuk ke dalam rongga mulut. Celah tekak menutup dan sebaliknya *koane* membuka. Bersamaan dengan itu, otot rahang bawah berkontraksi yang juga diikuti dengan berkontraksinya *geniohioidus* sehingga rongga mulut mengecil. Dengan mengecilnya rongga mulut maka udara yang kaya karbon dioksida keluar.

### 5.7. RESPIRASI PADA REPTILIA

Paru-paru reptilia berada dalam rongga dada dan dilindungi oleh tulang rusuk. Paru-paru reptilia lebih sederhana, hanya dengan beberapa lipatan dinding yang berfungsi memperbesar permukaan pertukaran gas. Pada reptilia pertukaran gas tidak efektif.

Pada kadal, kura-kura dan buaya paru-paru lebih kompleks, dengan beberapa belahan-belahan yang membuat paru-parunya bertekstur seperti spon. Paru-paru pada beberapa jenis kadal misalnya bunglon Afrika mempunyai pundi-pundi hawa cadangan yang memungkinkan hewan tersebut melayang di udara.

### 5.8. RESPIRASI PADA BURUNG

Pada burung, tempat berdifusinya gas pernapasan hanya terjadi di paru-paru. Paru-paru burung berjumlah sepasang dan terletak dalam rongga dada yang dilindungi oleh tulang rusuk.

Jalur pernapasan pada burung berawal di lubang hidung. Pada tempat ini, udara masuk kemudian diteruskan pada celah tekak yang terdapat pada dasar faring yang menghubungkan trakea. Trakeanya panjang berupa pipa bertulang rawan yang berbentuk cincin, dan bagian akhir trakea bercabang menjadi dua bagian, yaitu bronkus kanan dan bronkus kiri. Dalam bronkus pada pangkal trakea terdapat sirink yang pada bagian dalamnya terdapat lipatan-lipatan berupa selaput yang dapat bergetar. Bergetarnya selaput itu menimbulkan suara. Bronkus bercabang lagi menjadi *mesobronkus* yang merupakan bronkus sekunder dan dapat dibedakan menjadi *ventrobronkus* (di bagian ventral) dan *dorsobronkus* (di bagian dorsal). Ventrobronkus dihubungkan dengan dorsobronkus, oleh banyak parabronkus (100 atau lebih). Parabronkus berupa tabung-tabung kecil. Di parabronkus bermuara banyak kapiler sehingga memungkinkan udara berdifusi.

Selain paru-paru, burung memiliki 8 atau 9 perluasan paru-paru atau pundi-pundi hawa (*sakus pneumatikus*) yang menyebar sampai ke perut, leher, dan sayap. Pundi-pundi hawa berhubungan dengan paru-paru dan berselaput tipis. Di pundi-pundi hawa tidak terjadi difusi gas pernapasan; pundi-pundi hawa hanya berfungsi

sebagai penyimpan cadangan oksigen dan mengeringkan tubuh. Karena adanya pundi-pundi hawa maka pernapasan pada burung menjadi efisien.

Pundi-pundi hawa terdapat di pangkal leher (*serikal*), ruang dada bagian depan (*toraks anterior*), antara tulang selangka (*korakoid*), ruang dada bagian belakang (*toraks posterior*), dan di rongga perut (kantong udara abdominal).

Masuknya udara yang kaya oksigen ke paru-paru (inspirasi) disebabkan adanya kontraksi otot antartulang rusuk (*interkostal*) sehingga tulang rusuk bergerak keluar dan tulang dada bergerak ke bawah. Atau dengan kata lain, burung mengisap udara dengan cara memperbesar rongga dadanya sehingga tekanan udara di dalam rongga dada menjadi kecil yang mengakibatkan masuknya udara luar. Udara luar yang masuk sebagian kecil tinggal di paru-paru dan sebagian besar akan diteruskan ke pundi-pundi hawa sebagai cadangan udara.

Udara pada pundi-pundi hawa dimanfaatkan hanya pada saat udara ( $O_2$ ) di paru-paru berkurang, yakni saat burung sedang mengepakkan sayapnya. Saat sayap mengepak atau diangkat ke atas maka kantung hawa di tulang korakoid terjepit sehingga oksigen pada tempat itu masuk ke paru-paru. Sebaliknya, ekspirasi terjadi apabila otot interkostal relaksasi maka tulang rusuk dan tulang dada kembali ke posisi semula, sehingga rongga dada mengecil dan tekanan menjadi lebih besar dari tekanan di udara luar akibatnya udara dari paru-paru yang kaya karbondioksida keluar. Bersamaan dengan mengecilnya rongga dada, udara dari kantung hawa masuk ke paru-paru dan terjadi pelepasan oksigen dalam pembuluh kapiler di paru-paru. Jadi, pelepasan oksigen di paru-paru dapat terjadi pada saat ekspirasi maupun inspirasi.

Bagan pernapasan pada burung di saat hinggap adalah sebagai berikut :

*Burung menghisap udara → udara mengalir lewat bronkus ke pundi-pundi hawa bagian belakang → bersamaan dengan itu udara yang sudah ada di paru-paru mengalir ke pundi-pundi hawa → udara di pundi-pundi belakang mengalir ke paru-paru → udara menuju pundi-pundi hawa depan.*

Kecepatan respirasi pada berbagai hewan berbeda bergantung dari berbagai hal, antara lain : aktifitas, kesehatan, dan bobot tubuh.

## 9. RESPIRASI PADA MANUSIA

Sistem pernapasan pada manusia mencakup dua hal, yakni saluran pernapasan dan mekanisme pernapasan. Urutan saluran pernapasan adalah sebagai berikut :

*rongga hidung → faring → trakea → bronkus → paru-paru (Bronkiol dan alveolus)*

### 1. Alat Pernapasan

Berikut ini akan dijelaskan secara rinci alat-alat pernapasan pada manusia.

#### a) Rongga Hidung (*Cavum Nasalis*)

Udara dari luar akan masuk lewat rongga hidung (*cavum nasalis*). Rongga hidung berlapis selaput lendir, di dalamnya terdapat kelenjar minyak (*kelenjar sebacea*) dan kelenjar keringat (*kelenjar sudorifera*). Selaput lendir berfungsi menangkap benda asing yang masuk lewat saluran pernapasan. Selain itu, terdapat juga rambut pendek dan tebal yang berfungsi menyaring partikel kotoran yang masuk bersama udara. Juga terdapat *konka* yang mempunyai banyak kapiler darah yang berfungsi menghangatkan udara yang masuk.

#### b) Faring (*Tenggorokan*)

Udara dari rongga hidung masuk ke faring. Faring merupakan percabangan 2 saluran, yaitu saluran pernapasan (*nasofarings*) pada bagian depan dan saluran pencernaan (*orofarings*) pada bagian belakang. Pada bagian belakang faring (*posterior*) terdapat laring (*tekak*) tempat terletakinya pita suara (*pita vocalis*). Masuknya udara melalui faring akan menyebabkan pita suara bergetar dan terdengar sebagai suara.

Makan sambil berbicara dapat mengakibatkan makanan masuk ke saluran pernapasan karena saluran pernapasan pada saat tersebut sedang terbuka. Walaupun demikian, saraf kita akan mengatur agar peristiwa menelan,



bernapas, dan berbicara tidak terjadi bersamaan sehingga mengakibatkan gangguan kesehatan.

c) Tenggorokan (*Trakea*)

Tenggorokan berupa pipa yang panjangnya  $\pm 10$  cm, terletak sebagian di leher dan sebagian di rongga dada (torak). Dinding tenggorokan tipis dan kaku, dikelilingi oleh cincin tulang rawan, dan pada bagian dalam rongga bersilia. Silia-silia ini berfungsi menyaring benda-benda asing yang masuk ke saluran pernapasan.

d) Cabang-cabang Tenggorokan (*Bronki*)

Tenggorokan (*trakea*) bercabang menjadi dua bagian, yaitu bronkus kanan dan bronkus kiri. Struktur lapisan mukosa bronkus sama dengan *trakea*, hanya tulang rawan bronkus bentuknya tidak teratur dan pada bagian bronkus yang lebih besar cincin tulang rawannya melingkari lumen dengan sempurna. Bronkus bercabang-cabang lagi menjadi bronkiolus.

e) Paru-paru (*Pulmo*)

Paru-paru terletak di dalam rongga dada bagian atas, di bagian samping dibatasi oleh otot dan rusuk dan di bagian bawah dibatasi oleh diafragma yang berotot kuat.

Paru-paru ada dua bagian yaitu paru-paru kanan (*pulmo dekster*) yang terdiri atas 3 lobus dan paru-paru kiri (*pulmo sinister*) yang terdiri atas 2 lobus. Paru-paru dibungkus oleh dua selaput yang tipis, disebut *pleura*. Selaput bagian dalam yang langsung menyelimuti paru-paru disebut *pleura dalam* (*pleura visceralis*) dan selaput yang menyelimuti rongga dada yang bersebelahan dengan tulang rusuk disebut *pleura luar* (*pleura parietalis*).

Antara selaput luar dan selaput dalam terdapat rongga berisi cairan *pleura* yang berfungsi sebagai pelumas paru-paru. Cairan *pleura* berasal dari plasma darah yang masuk secara eksudasi. Dinding rongga *pleura* bersifat permeabel terhadap air dan zat-zat lain.

Paru-paru tersusun oleh bronkiolus, alveolus, jaringan elastik, dan pembuluh darah. Paru-paru berstruktur seperti spon yang elastis dengan daerah permukaan dalam yang sangat lebar untuk pertukaran gas.

Di dalam paru-paru, bronkiolus bercabang-cabang halus dengan diameter  $\pm 1$  mm, dindingnya makin menipis jika dibanding dengan bronkus.

Bronkiolus tidak mempunyai tulang rawan, tetapi rongganya masih mempunyai silia dan di bagian ujung mempunyai epitelium berbentuk kubus bersilia. Pada bagian distal kemungkinan tidak bersilia. Bronkiolus berakhir pada gugus kantung udara (*alveolus*).

Alveolus terdapat pada ujung akhir bronkiolus berupa kantong kecil yang salah satu sisinya terbuka sehingga menyerupai busa atau mirip sarang tawon. Oleh karena alveolus berselaput tipis dan di situ banyak bermuara kapiler darah maka memungkinkan terjadinya difusi gas pernapasan.

## 2. Mekanisme Pernapasan

Pernapasan adalah suatu proses yang terjadi secara otomatis, walau dalam keadaan tertidur sekalipun karena sistem pernapasan dipengaruhi oleh susunan saraf otonom. Menurut tempat terjadinya pertukaran gas maka pernapasan dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu pernapasan luar dan pernapasan dalam.

Pernapasan luar adalah pertukaran udara yang terjadi antara udara dalam alveolus dengan darah dalam kapiler, sedangkan pernapasan dalam adalah pernapasan yang terjadi antara darah dalam kapiler dengan sel-sel tubuh.

Masuk keluarnya udara dalam paru-paru dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara dalam rongga dada dengan tekanan udara di luar tubuh. Jika tekanan di luar rongga dada lebih besar maka udara akan masuk. Sebaliknya, apabila tekanan dalam rongga dada lebih besar maka udara akan keluar.

Sehubungan dengan organ yang terlibat dalam pemasukan udara (*inspirasi*) dan pengeluaran udara (*ekspirasi*) maka mekanisme pernapasan dibedakan

atas dua macam, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut. Pernapasan dada dan perut terjadi secara bersamaan.

a. Pernapasan Dada

Pernapasan dada adalah pernapasan yang melibatkan otot antar tulang rusuk. Mekanismenya dapat dibedakan sebagai berikut:

1) *Fase inspirasi*

Fase ini berupa berkontraksinya otot antar tulang rusuk sehingga rongga dada membesar, akibatnya tekanan dalam rongga menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar sehingga udara luar yang kaya oksigen masuk.

2) *Fase ekspirasi*

Fase ini merupakan fase relaksasi atau kembalinya otot antara tulang rusuk ke posisi semula yang diikuti oleh turunnya tulang rusuk sehingga rongga dada menjadi kecil. Sebagai akibatnya, tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbon dioksida keluar.

b. Pernapasan Perut

Pernapasan perut merupakan pernapasan yang mekanismenya melibatkan aktifitas otot-otot diafragma yang membatasi rongga perut dan rongga dada. Mekanisme pernapasan perut dapat dibedakan menjadi dua tahap yakni sebagai berikut :

1) *Fase Inspirasi*

Pada fase ini otot diafragma berkontraksi sehingga diafragma mendatar, akibatnya rongga dada membesar dan tekanan menjadi kecil sehingga udara luar masuk.

2) *Fase Ekspirasi*

Fase ekspirasi merupakan fase berelaksasinya otot diafragma (kembali ke posisi semula, mengembang) sehingga rongga dada mengecil dan tekanan menjadi lebih besar, akibatnya udara keluar dari paru-paru.

## BAB. VI

### SISTEMA DIGESTORIA

Bab ini membahas sistem digestoria. Setelah mempelajari bahasan ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan dengan benar arti digestoria, membedakan digestoria intra dan ekstra seluler dan membedakan digestoria pada serangga, manusia, dan ternak.

Proses pemecahan bahan makanan yang padat menjadi larutan berisi molekul-molekul organik yang relatif kecil dan dapat larut sebelum dapat dipakai oleh organisme.

#### 6.1. PENCERNAAN INTRASELULAR

Bahan makanan yang padat biasanya dipecah menjadi larutan berisikan molekul-molekul organik yang relatif kecil dan dapat larut sebelum dapat dipakai oleh organisme heterotrofik, suatu proses yang disebut pencernaan. Pada beberapa organisme heterotrof, pencernaan itu intraselular, artinya, terjadi setelah bahan padat ditelan oleh sel.

Amuba menelan partikel padat seperti misalnya protozoa kecil-kecil oleh endositosis mangsanya bergabung dalam vakuola makanan di dalam sitoplasma amuba. Kemudian, bagian-bagian bahan makanan yang padat dicerna itu (dicerna) oleh enzim-enzim yang disimpan dalam vakuola oleh lisosom yang bergabung dengannya.

Molekul-molekul makanan yang dapat larut itu kemudian melalui membran vakuola ke dalam sisa sel tersebut. Bagian-bagian yang tidak dapat dicerna itu akhirnya dibuang ke luar. Walau pencernaan pada amuba dapat diberikan sebagai intraselular, harus diingat adanya membran pasti yang tetap bertahan di antara bahan dalam vakuola makannya dan sisa sitoplasmanya. Nyata sekali bahwa endositosis dapat berlangsung hanya jika bahan makanan tersedia bagi organisme itu lebih kecil daripada sel-sel endositik.

## 6.2. PENCERNAAN EKTRASELULAR

Pemecahan kedua untuk masalah pencernaan makanan ialah mensekresikan enzim-enzim digestif dari sel dan mencernakan makanannya di luar sel, artinya ekstraselular. Sekali makanan itu dicerna, molekul-molekul kecil yang dapat larut yang dihasilkan itu (umpamanya, gula, asam amino) dapat berlalu karena difusi atau transfer aktif melalui membran sel dan ke dalam sel.

Mungkin pendekatan yang paling sederhana kepada pencernaan ekstraselular ialah yang dilakukan oleh saprofit. Saprofit menjamin makanannya dari bahan organik mati, misalnya tubuh tumbuhan dan hewan yang mati, produk makanan, ekskremen, dan lain-lain. Nutrisi keping roti yang umum kita kenal yaitu *Rhizopus stolonifer* merupakan contoh kelompoknya. Ia hidup bertahan pada sepotong roti lembab yang disimpan dalam gelap.

Roti yang dibuat manusia dari tumbuhan gandum, merupakan sumber diet bagi keping tersebut. Tetapi molekul pati dalam roti terlalu besar agar dapat secara langsung melalui membran sel. Untuk mengubah molekul pati yang tak dapat larut ini menjadi molekul kecil yang dapat larut sehingga dapat memasuki sitoplasma diperlukan enzim pencernaan pati, atau amilase. *Rhizopus* mengeluarkan enzim ini kepada roti itu maka pencernaan terjadi ekstraselular. Molekul gula yang terbentuk itu kemudian diserapnya ke dalam sitoplasma. Pola pencernaan ekstraselular ini terhadap makanan dalam substrat adalah khas bagi semua fungi dan kebanyakan bakteri.

Juga kebanyakan hewan mencernakan makanannya secara ekstraselular. Namun mereka itu hidup dalam lokasi yang dilingkungi substrat bahan organik. Alih-alih, mereka menjamin dengan satu cara atau bahan makanan yang lain yang terkadang muncul di alam sekitarnya. Mereka memanfaatkan makanan ini dalam suatu kantung atau tabung di dalam tubuhnya, suatu proses yang dinamai ingesti. Kemudian mereka mengeluarkan enzimnya di

situ dan pencernaan pun terjadi. Jadi enzim-enzimnya tersimpan di mana ada makanan, bukannya dikeluarkan selain bebas ke alam sekitarnya.

Pemberi makanan melalui endositosis yang hanya terbatas bagi organisme yang beradaptasi untuk menjamin bahan makanan yang jauh lebih kecil daripada dirinya.

Meski ingesti itu diberikan sebagai pengambilan yang mengandung zat padat ke dalam organisme, zat padat ini hanya diambil dalam arti yang superfisial. Rongga atau tabung yang menerima bahan makanan yang padat sebenarnya hanyalah sebagian dari bagian luar organisme yang dibalik ke dalam. Sebuah kelereng yang ditelan bayi tidak pernah masuk sel manapun ataupun ikut serta dalam kegiatan metabolik yang manapun. Setelah satu atau dua hari kemudian kelereng itu keluar dari ujung satu lagi tanpa mengalami perubahan.

### 6.3. DIGESTORIA PADA BELALANG DAN TAWON MADU

Kebanyakan serangga dan sebagian besar vertebrata mampu berpindah tempat dengan cepat dan dengan demikian mampu mencari makanannya secara aktif. Belalang bergerak dari tumbuhan dengan berjalan, melompat, dan terbang. Pelengkap khusus di sekitar mulutnya memungkinkan serangga itu memakan banyak daun secara cepat dan efisien. Bahan tumbuhan tadi dari mulut masuk ke dalam saluran pencernaan untuk dicerna dan diserap. Mula-mula makanan tersebut melalui esofagus dan masuk ke dalam organ penyimpanan sementara, yaitu tembolok/krop. Dari tembolok ini terus ke lambung otot (ampela) berotot, yang dilapisi dengan plat kaku dan gerak muskular lambung otot ini menggiling bahan makanan ke dalam lambung (perut) dan di sinilah terjadi pencernaan. Enzim pencernaan yang terbentuk dalam enam kelenjar gastrik (sacka) disekresi ke dalam proses ini. Makanan tercerna dan banyak air kemudian diserapkan dalam usus. Feses disimpan untuk sementara dalam rektum dikeluarkan, agak kering, melalui anus.

Bagian-bagian mulut tawon madu berlainan sekali dalam bentuk dan rupa, serta teradaptasi untuk mengubah macam makanan yang lain. Tawon lebah yang dewasa memakan makanan cair, baik berupa nektar bunga maupun madu yang tersimpan dalam sarang tawon. Maksila dan labium berubah dengan gerak pompa lidahnya. Aparat seluruhnya dinamai **probosis**.

Kebanyakan dari nektar yang ditelan oleh tawon madu itu pasti akan disimpan ke dalam sarangnya untuk diubah menjadi madu. Setelah melalui esofagus yang panjang lagi tipis, nektar itu disimpan dalam lambung madu. Nektar itu biasanya dijaga agar tidak mengalir dari lambung madu ke perut sebenarnya dengan suatu katup yang terdapat di antara keduanya. Bila tawon pekerja ke sarangnya, nektar itu ditumpalkannya dan proses perubahan menjadi madu pun dimulai.

Tawon madu juga menggunakan mulutnya untuk memanipulasikan benda padat seperti misalnya malam yang menjadi bahan pembuat sarangnya. Untuk proses ini digunakan mandibel dan karena itu tidaklah mengherankan bahwa ini agak menyerupai struktur mandibel belalang.

#### 6.4. DIGESTORIA PADA MANUSIA

##### a. I N G E S T I

Cara manusia mencernakan makanannya sama dengan pencernaan belalang. Sekali makanan ada di dalam mulut, makanan akan dicerna menjadi potongan-potongan kecil dengan menggunakan gigi. Seperti pada belalang, kemudian pemecahan makanan secara mekanika mendahului pemecahan secara kimia (pencernaan). Ini penting karena membuat makanan lebih mudah ditelan dan sekaligus meningkatkan daerah permukaan yang akan terkena oleh aksi enzim pencerna.

Sementara makanan ada di dalam mulut, makanan dibasahi oleh saliva (air liur). Saliva dikeluarkan dari tiga pasang kelenjar ke dalam mulut, dibawah kontrol sistem saraf. Penglihatan, penciuman, rasa kecap dan

malahan angan-angan pada makanan dapat merangsang keluarnya saliva dari kelenjar-kelenjar melalui saluran ke dalam mulut.

Saliva adalah cairan agak pekat, "licin" karena mengandung molekul-molekul karbohidrat-protein, disebut musin. Musin ini memungkinkan saliva mengikat partikel-partikel kecil makanan bersama menjadi sebuah massa lunak yang dengan mudah kemudian dapat ditelan.

Saliva juga mengandung amilase, atau enzim pencerna-pati, yang mengkatilasis hidrolisis pati menjadi gula maltosa. Amilase ini sering disebut ptialin, meskipun menurut kaidah untuk menamai enzim, nama amilase saliva lebih diutamakan. Anda dengan mudah dapat memperagakan aksi amilase dengan menguyah kue yang tak manis. Tak lama kemudian, rasa manis akan terasa nyata.

Saliva hanyalah merupakan sekresi yang pertama dari sejumlah sekresi yang mengalir ke dalam saluran pencernaan dan membantu pencernaan. Pada setiap kasus, sekresi-sekresi ini dibuat dalam struktur pelengkap yang disebut kelenjar. Suatu duktus mengalirkan sekresi dari kelenjar ke saluran pencernaan. Permukaan dalam dari setiap kelenjar berhubungan dengan permukaan dalam dari duktusnya dan juga dengan permukaan dalam dari saluran pencernaan. Sebenarnya, semua kelenjar pencernaan dibentuk selama perkembangan embrio, dari pelipatan keluar saluran pencernaan.

Bila makanan ditelan, akan melalui faring (pharynx) dan pergi ke dalam esofagus. Esofagus adalah sebuah tabung lurus, berotot, berdinding tebal, dari faring (pharynx) menuju ke lambung. Esofagus memanjang dari leher dan rongga dada. Fungsinya mungkin dapat paling baik diketahui sebagai sarana pembawa makanan dengan cepat, melalui organ-organ lain yang besar dan vital dalam rongga dada ialah paru-paru dan jantung. Dinding esofagus juga mengandung kelenjar yang mengeluarkan musin, jadi membasahi jalan makanan. Sekali masa makanan benar-benar ada di



dalam esofagus, pergerakannya dikontrol oleh otot di depan massa makanan kendor, sedang bagian tepat di belakangnya berkontraksi (mencerut). Sebagai hasil, massa makanan didorong ke bawah. Ritme gelombang relaksasi (pengendoran) dan kontraksi disebut **peristalsis**. Di bawah diafragma, yang memisahkan rongga dada dari rongga perut, esofagus berhubungan dengan lambung. Cincin otot sfingter kardial, mengelilingi esofagus pada tempat ini. Ia bekerja sebagai katub, kendur agar makanan yang mendeteksi, dari atas masuk ke dalam lambung, dan tetap tertutup pada waktu lainnya. Proses muntah, tentu juga menyangkut terbukanya sfingter kardial.

#### **b. LAMBUNG**

Lambung adalah sebuah kantung besar yang terletak di bagian atas rongga perut. Dalam dindingnya terdapat kelenjar lambung yang kecil, yang pada setiap makanan, secara bersama mengeluarkan 400 - 800 ml getah lambung. Makanan yang datang bercampur dengan baik dengan getah lambung, karena kontraksi otot lambung yang kuat.

Tiga macam sel terdapat dalam kelenjar lambung : sel parietal, sel-sel pokok dan sel penghasil lendir. Sel parietal mengeluarkan cairan asam hidroklorida ke dalam lambung. Konsentrasi HCl dapat setinggi 0,15 M, membuat pH getah lambung mendekati konsentrasi ion hidrogen darah yang memberi makanan sel-sel parietal  $4 \times 10^{-8}$  M anda dapat melihat tugas-tugas sel-sel ini yang sangat menonjol. Dengan transport aktif mereka mengambil cukup ion hidrogen untuk membuat konsentrasi yang melebihi tiga juta kali nilai tersebut. Maka tak mengherankan, jika sel-sel parietal adalah pengguna banyak energi dan secara harfiah diisi oleh mitokondria.

Asam hidroklorida dalam getah lambung mempunyai beberapa fungsi yang berguna :

- (1) Menolong mematikan bakteri yang terdapat di dalam makanan yang ditelan ;

- (2) Menolong mengubah sifat protein, merombak jaringan ikat dan sebagainya, agar pencernaan lebih mudah ;
- (3) Menolong mengaktifkan pepsin, satu-satunya enzim pencerna yang disekresikan oleh lambung.

Sel-sel pokok dari lambung mensintesis dan mengeluarkan pepsinogen yang merupakan pendahulu enzim proteolitik, pepsin. Ketiga fragmen-fragmen molekul-molekul berhubungan dengan pH yang asam dari getah lambung, maka dicerna atau meninggalkan enzim aktif. Pepsin menghidrolis tidak hanya protein yang ditelan tap juga tambahan pepsinogen. Kerja autokatalitik ini mempercepat perubahan pepsinogen ke pepsin.

Pepsin menggunakan aksi hidrolitik pada bagian-bagian tertentu dari rantai polipeptida dan ini dengan sangat efisien memecahkan ikatan peptida pada -C-terminal dari asam amino tertentu seperti tiroksin, fenilalanin, dan triptofan sebagai akibat aksinya, rantai polipeptida yang panjang terurai menjadi rantai-rantai yang lebih pendek.

Dinding lambung sebagian besar terdiri dari protein. Mengapa lambung tidak mencerna dirinya sendiri ? Satu faktor adalah lapisan pelindung yang dibentuk oleh sel-sel pembentuk lendir dari lambung. Lagi pula sel-sel epidermis dari lambung saling melekat dengan kuat satu dengan lainnya, sehingga menghalangi masuknya getah lambung ke dalam permukaan yang tak dilindungi. Sekresi pepsin seperti pendahulunya pepsinogen yang tak-aktif, menghalangi aktifitas proteolitik sampai enzim tersebut aman dalam rongga (secara teknik disebut lumen lambung). Walaupun ada bantuan yang bersifat melindungi ini, terjadi pembuangan sel-sel epidermi yang banyak, karena masa kehidupannya rata-rata hanya beberapa hari. Ini memerlukan penggantian sel-sel yang cepat. Dan tentu saja bantuan melindungi ini kadang-kadang gagal, akibatnya ialah puru lambungnya, kerusakan selaput lambung tertentu.

### c. PANKREAS

Pankreas adalah kelenjar lonjong berwarna keputihan terletak dalam simpul yang terbentuk dari duodenum dan permukaan bawah lambung. Sel kelenjar dalam pankreas menghasilkan getah pankreas yang kemudian akan melalui saluran pankreatik masuk ke dalam duodenum. Getah pankreas mengandung zat-zat seperti berikut:

- a) Natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ). Natrium bikarbonat ini menetralkan keasaman usus, dengan cepat menaikkan pH menjadi kira-kira 8.
- b) Amilase. Amilase pankreas menghidrolisis pati menjadi suatu campuran maltosa dan glukosa. Karena amilase ini mempunyai waktu bekerja yang lebih lama, maka ia memegang peran yang lebih penting dalam pencernaan pati daripada amilase saliva (air liur).
- c) Lipase. Lipase pankreas menghidrolisis lemak menjadi campuran asam lemak dan monogliserida, dengan cara mengkatalisis pemecahan asam lemak yang melekat pada asam karbon No. 1 dan 3 dari gliserol. Asam lemak yang terikat pada karbon No. 2 tetap dan membentuk "monogliserida".

Aksi lipase sangat dipertinggi dengan adanya empedu. Empedu mengandung garam empedu, yang merupakan steroid amfifil dan memegang peranan penting dalam mengemulsikan lemak. Kerangka hidropol steroid larut dalam lemak, sedang sisi rantai yang bermuatan negatif bebas berinteraksi dengan molekul air kutub. Penolakan-penolakan dari tetesan yang bermuatan negatif membuatnya tidak bergabung. Jadi globul besar lemak (cair pada suhu badan) diemulsikan menjadi tetesan-tetesan halus (kira-kira  $1 \mu\text{m}$  diameternya) yang dapat lebih mudah dicerna dan diserap.

- d) Dua protease tripsin dan kimotripsin. Enzim-enzim ini melanjutkan pencernaan protein. Kimotripsin mematahkan ikatan peptida yang sama seperti yang dilakukan pepsin (Aksi pepsin berhenti bila natrium bikarbonat menaikkan pH isi usus). Tripsin mematahkan ikatan peptida pada sisi C terminal dari arginin dan lisin.

#### d. USUS KECIL

Ketika campuran makanan, empedu dan enzim pankreas melalui usus halus, maka dihasilkan disakarida, peptida, asam lemak dan monogliserida. Pencernaan terakhir dan absorpsi bahan-bahan ini merupakan fungsi *vilus-vilus* (jonjot) yang membatasi permukaan dalam dari usus halus. Vilus-vilus ini meningkatkan daerah permukaan usus halus menjadi berlipat kali, dari berupa tabung sederhana dengan dinding halus. Selain itu permukaan sel epitel dari setiap vilus yang tampak, tertutup dengan tonjolan-tonjolan, mikrovilus-mikrovilus atau batas bersinggungan. Karena hal tersebut diatas jumlah daerah permukaan dalam dari usus hampir 20 meter persegi, kira-kira sebesar sebuah lapangan tenis dan kira-kira 100 kali daerah permukaan luar dari badan.

Bergabung dalam permukaan mikrovilus ada sejumlah enzim yang menyempurnakan pencernaan. Beberapa amino peptidase, menyelesaikan hidrolisis peptida menjadi asam amino. Enzim-enzim ini bekerja dengan cara mirip karboksipeptidase, tetapi enzim ini memecahkan ujung amino ( $-NH_2$ -terminal) molekul peptida dari pada ujung C terminal.

Tiga disakaridase terletak pada atau di dalam mikrovilus menghidrolisis disakarida maltosa, sukrosa dan laktosa menjadi komponennya monosakarida. Setiap molekul glukosa dan dengan demikian glukosa adalah hasil akhir dari pencernaan pati. Sukrosa (gula meja) memberi sebuah molekul glukosa dan satu dari isomer-isomernya, fruktosa sedang laktosa (gula air susu) memberi glukosa.

Oleh aksi enzim-enzim ini, pencernaan protein dan karbohidrat berakhir. Apa yang mula-mula berupa makromolekul sekarang telah diubah menjadi molekul-molekul kecil (asam amino dan monosakarida) yang siap pergi ke aliran darah.

#### e. HATI

Meskipun hati bukan suatu organ yang tepat dari pencernaan, sekresinya, empedu memegang peranan penting dalam pencernaan lemak. Empedu dihasilkan secara terus menerus oleh hati, tapi ditampung dalam sebuah alat penampung ialah kantung empedu diantara waktu makan. Bila makanan masuk ke duodenum, lepasnya kolesistokinin akan merangsang kontraksi kantung empedu dan keluarnya empedu yang dihimpun ke dalam duodenum.

Kerja KSK, seperti gastrin dan sekretin, menjelaskan sebuah fakta yang penting tentang kontrol hormon. Dalam setiap kasus, hormon yang telah dilepaskan diedarkan oleh darah ke setiap alat, setiap jaringan, setiap sel dari badan. Tetapi hanya alat-alat tertentu yang dapat menanggapi adanya hormon tadi. Organ-organ ini disebut organ sasaran.

Empedu kecuali garam empedu mengandung bahan lainnya, antara lain ialah pigmen empedu. Pigmen empedu ini adalah hasil pemecahan pigmen sel darah merah, hemoglobin, yang dipindahkan oleh hati dari sel-sel darah merah yang tua. Warna kecoklatan pigmen empedu ini memberi warna coklat yang khas dari feses (tinja).

Pembentukan empedu adalah hanya salah satu dari beberapa fungsi penting nutrisi yang dilakukan oleh hati. Sebelum darah yang meninggalkan vili mencapai sirkulasi umum, ia melalui hati. Dalam hati disaring komponen-komponen aneh (misalnya, molekul nonnutritif) yang diambil melalui absorpsi dari usus, atau setiap jumlah kelebihan dari komponen-komponen biasa. Semua monosakarida selain glukosa (misalnya fruktosa, galaktosa) dipindahkan oleh hati dan dirubah menjadi glukosa. Dan bila glukosa terdapat lebih dari normal 0,11% kadar yang terdapat dalam darah, sebagian besar kelebihan ini dipindahkan dan dirubah menjadi polisakarida glikogen yang tak dapat larut. Kelebihan asam amino dari pada yang dibutuhkan untuk anabolisme badan

dideaminasi oleh hati. Dalam deaminasi bagian molekul amino yang mengandung nitrogen ( $-NH_2$ ) dipindahkan yang kemudian akan diubah menjadi sisa nitrogen urea.

## **C. USUS BESAR**

Usus halus bermuara ke dalam usus besar. Sebuah sfingter mengontrol lewatnya bahan-bahan dari satu ke bagian lainnya. Tepat setelah sfingter ada sebuah kantung buntu, ialah saekum. Melekat pada saekum ada sebuah cuatan kecil, ialah apendiks. Apendiks dianggap sebagai sisa vestigial dari suatu struktur yang mungkin berfungsi dalam pencernaan selulosa pada nenek moyang pramanusia yang agak jauh. Perhatian utama kita ialah suatu fakta bahwa apendiks dapat kena infeksi, yang menyebabkan apendisitis. Suatu infeksi yang parah dapat menyebabkan apendiks robek, jadi menyebarkan infeksi pada membran yang menyelaputi rongga perut serta menunjang alat-alat (jerohan) di dalamnya. Keadaan ini disebut peritonitis.

Usus besar menerima sisa cairan dari bahan yang tersisa setelah pencernaan dan absorpsi dalam usus halus selesai. Sisa ini berisi sejumlah besar air juga bahan-bahan yang tidak dapat kita cernakan (terutama selulosa). Selulosa dan beberapa bahan makanan sisa lainnya merupakan bahan makanan populasi bakteri yang sangat besar yang hidup di dalam usus besar tersebut. Biasanya bakteri-bakteri ini (satu spesies yang umum, banyak dipelajari ialah *Escherichia coli* benar-benar tak berbahaya. Dalam proses aktivitas metabolisme, bakteri-bakteri ini dapat menghasilkan gas dan sisa yang berbau. Mereka sangat banyak sehingga 10% sampai 50% bobot kering feses dapat terdiri dari sel-sel bakteri.

Kadang-kadang bakteri yang tak berbahaya atau protozoa dapat ditetapkan di dalam usus besar. Demam tipus, kolera asia, disentri amuba adalah tiga macam penyakit yang disebabkan oleh parasit-parasit usus.

Parasit-parasit ini, malahan dapat menyerang organ tubuh lainnya seperti hati dan menyebabkan kerusakan yang meluas.

Fungsi utama dari usus besar adalah reabsorpsi air. Sejumlah besar air di keluarkan ke dalam lambung dan usus oleh aneka ragam kelenjar pencernaan. Hal ini harus ditarik kembali, bila individu tidak ingin menderita dehidrasi dan haus. Sebagian besar air diserap kembali (reabsorpsi) dalam usus besar, dalam 12 sampai 14 jam ketika makanan ada disitu. Kadang-kadang usus besar menjadi peka dan mengeluarkan isinya ke dalam rektum dan keluar dari anus (dubur) sebelum resorpsi air selesai. Akibatnya ialah keadaan yang disebut diare. Barangkali anda telah memperhatikan bahwa dahaga menyertai kasus diare. Sebaliknya, usus besar dapat mempertahankan isinya untuk waktu sangat lama. Massa yang sekarang dinamai feses, mengering dan tertekan menjadi masa padat kering. Keadaan ini terkenal sebagai konstipasi (bebalan).

Feses dari usus besar melalui tabung bentuk -S masuk ke dalam rektum. Feses berada di rektum sampai kedua sfingter yang mengawasi anus kender dan gelombang peristaltik yang keras, melemparkannya, dalam proses defekasi.

#### 6.5. PENCERNAAN PADA HEWAN MEMAMAH BIAK.

Bagi hewan memamah biak seperti kambing, sapi, kerbau, dan kelinci, peranan lambung sangat penting. Karena fungsi lambung pada hewan-hewan itu adalah menyimpan makanan sementara, untuk nantinya dimamah kedua kalinya. Lambung berfungsi untuk pembusukan dan peragian (fermentasi).

Lambung hewan memamah biak terdiri atas 4 ruang, yaitu rumen, reticulum, omasum, dan abomasum. Di dalam lambung banyak terdapat mikroba, antara lain adalah bakteri dan protozoa yang mampu mengeluarkan selulase sehingga dapat dirombak menjadi asam lemak.

Makanan dari mulut masuk melalui kerongkongan ke rumen sebagai tempat penyimpanan sementara, terus ke retikulum. Di dalam ruang rumen dan retikulum terjadi fermentasi dan pelunakan, sedangkan makanan yang masih kasar (misalnya rumput) kembali ke mulut untuk dimamah. Setelah dimamah, makanan ditelan kembali masuk ke omasum yang mengandung kelenjar, kemudian sampai ke abomasum untuk dicerna oleh enzim-enzim.



## BAB. VII

### SISTEM REPRODUKSI

Bab ini membahas sistem reproduksi. Setelah mempelajari bahasan ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan dengan benar sistem reproduksi baik pada hewan dan manusia, baik jantan maupun betina.

#### 7.1. REPRODUKSI PADA HEWAN

Seperti halnya tumbuhan, perkembangbiakan pada hewan juga dapat dengan cara kawin maupun secara tak kawin.

##### 1. Perkembangbiakan pada Avertebrata

- **Perkembangbiakan aseksual (tak kawin)**

Perkembangbiakan secara aseksual pada hewan avertebrata terjadi dengan cara:

- a. *Membelah diri* (pembelahan biner), yaitu pembelahan diri dari satu sel menjadi dua sel baru. Misalnya, terjadi pada *Protozoa*.
- b. *Fragmentasi*, yaitu pemisahan sebagian sel dari suatu koloni dan selanjutnya membentuk koloni sel baru. misalnya, terjadi pada *Volvox*.
- c. *Sporulasi* atau pembentukan spora, misalnya *Plasmodium* pada fase *oosit*. Oosit akan membelah dan selanjutnya akan menghasilkan *sporozoit* (*plasmodium* muda).
- d. *Pembentukan tunas*, misalnya pada hewan *Hydra* dan *Porifera*.
- e. Dengan *regenerasi*, yaitu sebagian tubuh terpisah.

- **Perkembangbiakan seksual (dengan kawin)**

Pada perkembangbiakan seksual tidak selalu terjadi pembuahan, namun kadang-kadang dapat terbentuk individu baru tanpa adanya pembuahan, sehingga perkembangbiakan secara kawin pada hewan avertebrata dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. *Tanpa pembuahan*, yaitu pada peristiwa *parthenogenesis*.
- b. *Dengan pembuahan*, dapat dibedakan atau *konjugasi* dan *anisogami*.

1. *Konjugasi*, ini terjadi pada avertebrata yang belum jelas alat reproduksinya. Misalnya *Paramecium*.

Pembiakan pada *Paramecium*:

*Paramecium* dapat berbiak baik secara vegetatif maupun secara generatif.

- Secara vegetatif, yaitu dengan membelah diri secara memanjang (longitudinal)
  - Secara generatif, yaitu dengan pertukaran inti.
2. *Anisogami*, yaitu peleburan dua sel kelamin yang tidak sama besarnya. Misalnya, peleburan mikrogamet dan makrogamet pada plasmodium serta peleburan spermatozoid dan sel telur (ovum) dalam rahim.

- **Pembuahan**

Pada vertebrata, individu baru terbentuk dari hasil perkawinan yang diikuti pembuahan. Berdasarkan tempat terjadinya, pembuahan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a) Pembuahan luar (*fertilisasi eksternal*), bila pembuahan terjadi di luar tubuh induk betina. Cara ini terdapat pada ikan, dan katak.
- b) Pembuahan dalam (*fertilisasi internal*), bila pembuahan terjadi di dalam saluran reproduksi induk betina. Pembuahan cara ini dijumpai pada reptil, aves dan mamalia.

Perkembangbiakan pada vertebrata dapat dibedakan atas :

- a. *Ovipar* (bertelur), ialah hewan yang meletakkan telur di luar tubuhnya. Misalnya ikan, burung, amfibia, dan sebagian reptilia.
- b. *Ovivipar* (bertelur-beranak), ialah hewan yang menghasilkan telur dengan banyak kuning telur, dan embrio berkembang dalam tubuh induk. Hewan ini melahirkan. Misalnya, ikan Hiu dan beberapa jenis ular.
- c. *Vivipar* (beranak), ialah hewan yang melahirkan anaknya. Embrio berkembang di dalam tubuh induknya dan mendapatkan makanan dari

induknya dengan perantaraan *plasenta* (ari-ari). Misalnya, manusia dan binatang menyusui lainnya.

## 7.2. SISTEM REPRODUKSI BETINA

### A. Informasi Umum

1. Sistem reproduksi betina terdiri dari ovarium, tuba Falopi, uterus, vagina, organ genitalia eksternal.
2. Fungsi sistem reproduksi betina adalah untuk menghasilkan gamet (ova) dan memelihara embrio.

### B. Ovarium

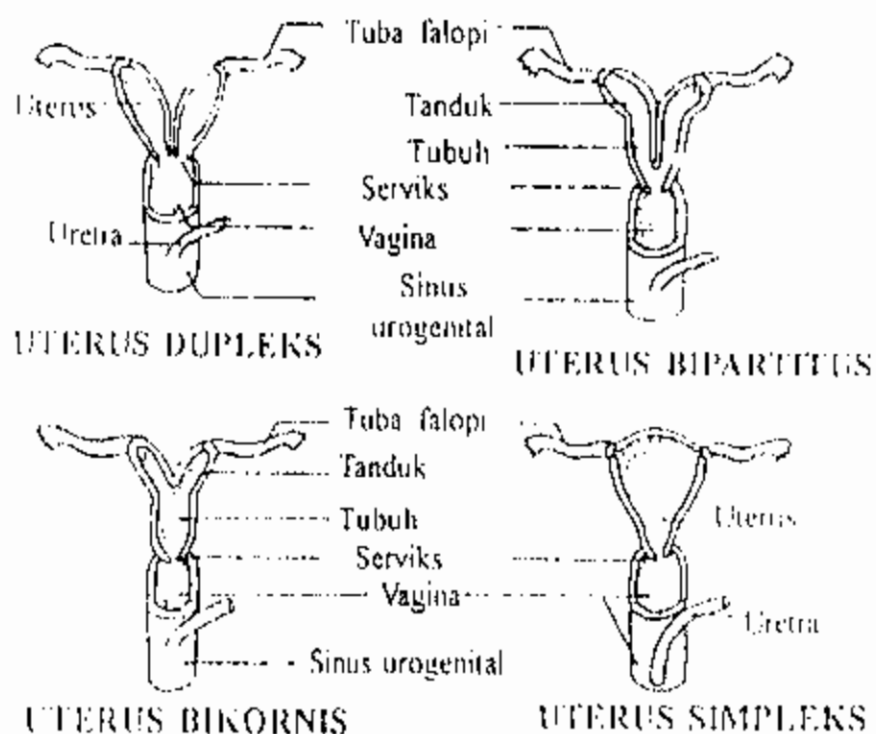
1. Ovarium adalah gonade betina; juga berperan dalam sistem endokrin.
2. Pada Pisces, Amfibia, dan Reptilia ovarium berbentuk sakuler dan kosong. Pada Mamalia ovarium berbentuk bulat telur (ovoid).
3. Pada Pisces, Amfibia, Reptilia dan Mamalia ovarium berjumlah sepasang. Pada Aves, meskipun terdapat sepasang ovarium selama perkembangan embrional, tetapi pada kebanyakan burung ovarium kanan akan mengalami degenerasi sehingga hanya ovarium kiri yang menjadi gonade dewasa yang berfungsi.
4. Ovarium tergantung dalam rongga abdominal oleh ligamentum ovarium dan ligamentum penggantung serta *mesovarium* (bagian dari ligamentum uterus).
5. Masing-masing ovarium dibungkus oleh *tunika albuginea*.
6. Beribu-ribu struktur mikroskopik yang disebut *folikel ovarium* tertanam dalam jaringan pengikat ovarium.
  - a. Folikel masak yang disebut *folikel Graafian* distimulir oleh luteinizing hormon untuk melepaskan *ovum* atau sel telur.
  - b. Setelah ovulasi, jika ovum dibuahi, folikel yang pecah dirubah menjadi *korpus luteum*, yaitu suatu massa steroid yang berwarna kekuningan yang menskresikan estrogen dan progesteron untuk memacu pertumbuhan endometrium.

### C. Tuba Falopi

1. Tuba Falopi membentuk bagian utama dari sistem duktus betina
2. Sepasang tabung ini membuka ke arah uterus di satu ujung dan ke dalam rongga peritoneal di samping ovarium pada ujung yang lain.
  - a. Ujung distal tuba Falopi melengkung di sekitar ovarium, membentuk ampula di mana fertilisasi biasa terjadi.
  - b. Ampula berakhir pada *infundibulum* yang merupakan struktur berbentuk corong dengan lubang masuk yang disebut ostium abdominal yang mempunyai proyeksi seperti jari-jari yang disebut *fimbriae*.
  - c. Kelanjutan infundibulum disebut dengan *oviduk* yang berlanjut ke uterus.

### D. Uterus

1. Uterus adalah suatu organ muskuler berdinding tebal, merupakan tempat perkembangan embrio.
2. Uterus dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:
  - *tanduk*, bagian superior yang berbentuk seperti tanduk, lanjutan tuba Falopi
  - *tabuh*, bagian utama uterus
  - *serviks*, bagian yang berproyeksi ke vagina.
3. Uterus mempunyai 3 lapisan
  - *perimetrium*, merupakan lapisan terluar
  - *miometrium*, lapisan tengah, terdiri dari otot polos
  - *endometrium*, lapisan terdalam, membentuk lapisan mukosal uterus.
4. Ada beberapa tipe uterus pada Mamalia
  - Uterus *dupleks*, pada tipe ini kedua tanduk masih terpisah, terdapat pada Marsupialia, Rodentia.
  - Uterus *hipartitus*, tanduk sudah melebar tapi belum bersatu, terdapat pada kebanyakan Mamalia.
  - Uterus *bikornis*, sudah terdapat pelebaran tanduk dan kedua tanduk sudah bersatu, terdapat pada Ruminansia.
  - Uterus *simpleks*, kedua tanduk bersatu dan membentuk rongga, terdapat pada Primates.

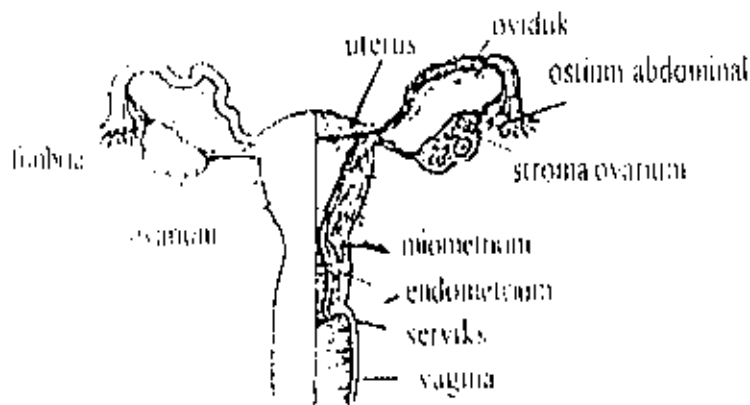


### Tipe Uterus pada Mamalia

(Dikutip dari Romer (1986))

#### E. Vagina

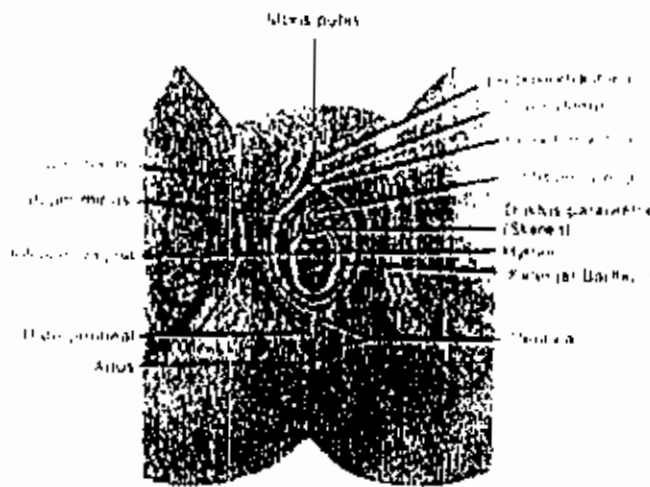
1. Vagina adalah tabung muskuler yang dapat mengempis
2. Terdapat pada bagian lanjutan serviks uterus
3. Merupakan organ kopulasi betina, juga berfungsi sebagai saluran kelahiran dan jalan darah menstruasi.



**Organ reproduksi betina**  
(Dikutip dari Hadley (1986))

#### F. Organ genitalia eksterna

1. Organ genitalia eksterna pada Mamalia berupa *vestibulum*, *klitoris*, *labia mayora*, *labia minora* dan *glandula vestibularis*
2. Antara vagina dan vestibulum terdapat *orifisium uretre eksternum*. Di daerah ini terdapat *glandula Bartholini* yang mengeluarkan cairan kental.
3. *Labia mayora* tersusun oleh ligamentum yang kaya akan *glandula sebacea*, *glandula tubuler*, jaringan elastika dan sedikit otot polos.
4. *Labia minora* tersusun oleh jaringan pengikat spongiosa dan *glandula sebacea*.
5. Celah bagian ventral dilengkapi dengan klitoris. Struktur klitoris berupa jaringan erektile dengan banyak ujung nervus sensorik. Klitoris merupakan jaringan yang homolog dengan penis yang bersifat erektile.
6. Pada individu yang belum pernah melakukan senggama dapat ditemukan lapisan melintang yang membatasi vestibulum yang terdiri dari jaringan ikat dan disebut *himen*.



### Genitalia eksternal wanita

(Dari: Gary A. Thibodeau. PhD. *Anatomy and physiology*,  
hal. 716, 1987, Times Mirror Mosby)

## 7.3. SISTEM REPRODUKSI JANTAN

### A. Informasi Umum

1. Sistem reproduksi jantan terdiri dari testis, sistem duktus, kelenjar reproduksi, dan organ kopulasi.
2. Fungsi sistem reproduksi jantan adalah untuk menghasilkan gamet (spermatozoa) dan membawanya ke saluran reproduksi betina, dimana fertilisasi terjadi.

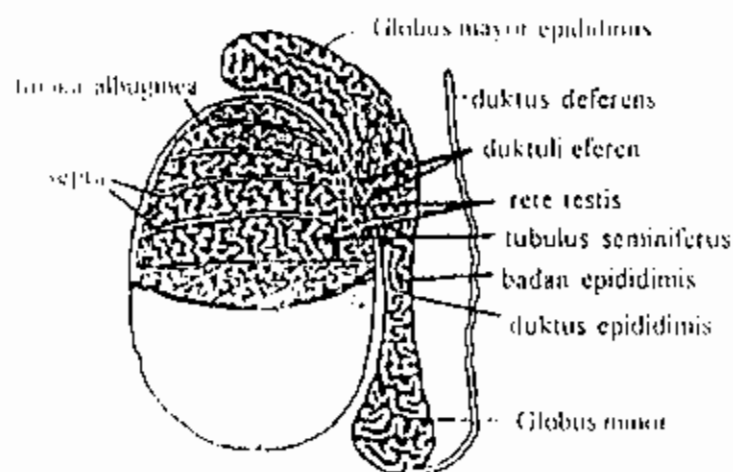
### B. Testis

1. Testis adalah gonade jantan; juga berperan dalam sistem endokrin
2. Testis merupakan organ yang kompak, bentuknya bervariasi pada berbagai kelas Vertebrata
3. Pada kebanyakan Vertebrata testis terletak di bagian dorsal rongga tubuh. Pada kebanyakan Mamalia, testis mengalami penurunan posisi keluar rongga tubuh dan terdapat dalam struktur serupa kantung yang disebut skrotum.

Proses penurunan testis dari rongga abdominal menuju skrotum disebut dengan proses *desensus testikulorum*.

4. Fungsi skrotum adalah untuk menjaga agar testis dingin, karena perkembangan spermatozoa dalam testis membutuhkan suatu temperatur di bawah temperatur tubuh.
5. Testis terbungkus dalam jaringan pengikat berlapis dua
  - a. Tunika vaginalis, lapisan luar yang merupakan derivat peritoneum
  - b. Tunika albuginea, lapisan yang lebih dalam, terdiri dari jaringan pengikat fibrosa
    1. Perluasan septa dan tunika albuginea membagi testis menjadi beberapa lobuli
    2. Setiap lobulus berisi 1 sampai 4 tubulus seminiferus yang merupakan tabung-tabung kecil untuk menghasilkan spermatozoa
    3. Beberapa tubulus seminiferus berkumpul dan membentuk tubuli *seminiferi rekti*
      - a. Tubuli seminiferi rekti bergabung untuk membentuk suatu jaringan tubuli yang disebut *rete testis*
      - b. Spermatozoa dari tubulus seminiferus dimasukkan ke rete testis.
6. Spermatozoa meninggalkan tubulus melalui duktuli eferen dan masuk ke epididimis pada permukaan luar testis.
7. Setiap testikel digantung oleh suatu korda spermatik
  1. *Korda spermatik* merupakan jaringan pengikat yang meluas dari kanalis inguinalis ke dalam skrotum.
  2. *Korda spermatik* membungkus serabut saraf, pembuluh darah, pembuluh limfe, dan duktus deferens.





**Diagram testis Mamalia**  
(Dikutip dari Weichert (1977))

### C. Sistem Duktus

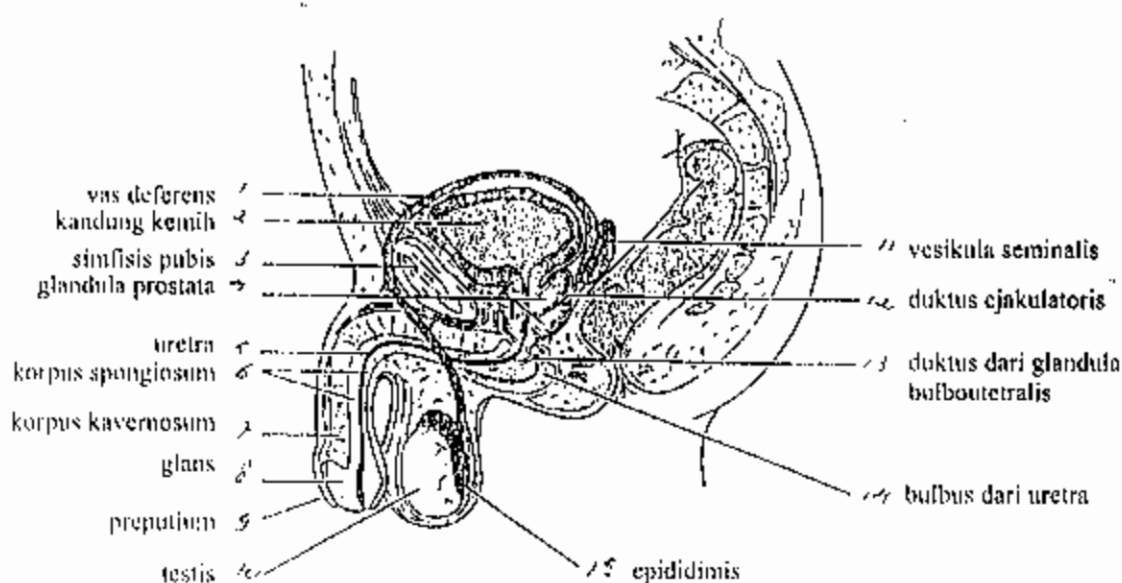
1. Sistem duktus terdiri dari epididimis, duktus deferens, dan uretra.
2. Fungsi sistem duktus adalah untuk membawa spermatozoa keluar tubuh.
3. Setelah meninggalkan testis, mula-mula spermatozoa melalui epididimis. Pada saat ejakulasi dinding epididimis berkontraksi, mendorong spermatozoa ke duktus deferens.
4. Duktus deferens adalah perluasan dari tubuli epididimal, membawa dari testis ke rongga abdominal.
5. Ampulla yang merupakan bagian yang membesar dari duktus deferens menghubungkan duktus dari vesikula seminalis untuk membentuk *duktus ejakulatorius*, duktus ejakulatorius melalui glandula prostata kemudian bergabung dengan uretra.
6. Uretra adalah suatu saluran kecil yang berasal dari dasar kandung kencing ke arah keluar, untuk mengeluarkan urin dan semen.

#### D. Kelenjar Reproduksi

1. Pada banyak Mamalia terdapat kelenjar reproduksi yang meliputi: vesikula seminalis, glandula bulbouretra, glandula Cowperi dan glandula prostata
2. Kelenjar reproduksi menghasilkan sebagian besar semen
  - a. semen adalah suatu cairan berwarna putih yang kental dan sedikit alkalin
  - b. semen mengandung spermatozoa dan sekresi kelenjar reproduksi

#### E. Organ Kopulasi

1. Organ kopulasi diperlukan untuk membawa sperma ke dalam saluran genitalia betina pada fertilisasi interna pada saat kopulasi
2. Pada beberapa Pisces berupa *klasper*. Klasper adalah modifikasi bagian tengah pinna pervikalis jantan. Pada klasper terdapat lipatan-lipatan sehingga terbentuk sulkus. Pada saat kopulasi, klasper masuk ke dalam organ genitalia betina dan sperma mengalir melalui sulkus tersebut.
3. Pada ular dan cecak, terdapat sepasang struktur khusus yang disebut *hemipenis*, hemipenis terdiri dari struktur seperti kantung yang terletak di bawah kulit di dekat kloaka pada pangkal ekor dan sering mengandung duri-duri yang kuat. Meskipun hemipenis juga terdapat pada hewan betina, tetapi di sini sangat kecil dan fungsinya tidak diketahui. Masing-masing hemipenis mengandung suatu corong spiral. Hemipenis bersatu pada saat kopulasi sehingga terbentuk sulkus, sperma mengalir melalui sulkus tersebut.
4. *Penis* adalah organ kopulasi pada Mamalia. Penis terdiri dari 3 kolom silindris jaringan erektile seperti spons (jaringan pengikat dan otot polos), ditembus oleh banyak rongga vaskuler.
  1. *Korpus spongiosum* adalah jaringan erektile yang terkecil,
    - 1) mengelilingi uretra dan meluas ke distal untuk membentuk glans penis
    - 2) meluas ke proksimal membentuk bulbus penis
  2. Dua buah *korpora kavernosa* yang lebih besar, merupakan kolom dorsal dari jaringan erektile; merupakan ujung proksimal dari kurva (sepasang massa memanjang) dari testis.Penis dikelilingi oleh lapisan tipis kulit yang longgar yang disebut *preputium*.



Sistema genitalia laki-laki

(Dari: Gary A. Thibodeau, PhD. *Anatomy and physiology*,  
hal. 739, 1987, Times Mirror Mosby)

#### 7.4. PROSES PEMBENTUKAN SPERMA (SPERMATOGENESIS) DAN OVUM (OOGENESIS)

Proses pembentukan sperma berlangsung di *tubulus seminiferus* pada testis, peristiwanya disebut spermatogenesis. Sedangkan proses pembentukan ovum berlangsung di dalam kantung telur (*ovarium*).

##### a. *Spermatogenesis*

Testis terdiri atas tubulus seminiferus yang menghasilkan bermiliar-miliar sperma. Dinding tubulus seminiferus dilapisi oleh sel germinal primitif yang mengalami kekhususan, disebut *spermatogonium*. Setelah matang secara seksual, beberapa spermatogonium mulai melaksanakan spermatogenesis, yaitu pembentukan sperma matang. Sedangkan yang lain terus membelah secara mitosis dan menghasilkan spermatogonium lebih banyak untuk spermatogenesis selanjutnya.

Spermatogonium akan menjadi *spermatozit primer* dengan pembelahan secara mitosis. Kemudian, membelah diri menjadi dua buah *spermatozit sekunder* yang haploid dan sama besar. Pembelahan ini disebut *meiosis I*. Selanjutnya, *spermatozit sekunder* mengalami pembelahan lagi menjadi empat *spermatid* yang sama besar pula. Pembelahan ini disebut *meiosis II*. *Spermatid* adalah calon sel sperma yang belum mempunyai ekor. Apabila telah berubah menjadi sel berekor, maka disebut sel kelamin jantan (*sperma*). Pada manusia, perkembangan spermatogonium menjadi sperma matang memerlukan waktu selama 16 hari.

#### b. Oogenesis

Ovum berkembang dalam ovarium dari sel kelamin yang belum masak, yaitu *oogonium*. Dalam perkembangan awal, *oogonium* mengalami banyak pembelahan mitosis yang berurutan untuk membentuk *oogonium* tambahan yang kesemuanya adalah diploid. Beberapa atau semua *oogonium* berkembang menjadi *oosit primer*.

Seperti halnya *spermatozit primer*, setiap sel *oosit primer* akan membelah menjadi dua sel haploid. Yang satu berukuran normal disebut *oosit sekunder*, sedangkan yang satu lagi berukuran lebih kecil disebut *badan kutub primer*. Pembelahan ini disebut juga dengan *meiosis I*. Selanjutnya, *oosit sekunder* dan *badan kutub primer* akan mengalami *meiosis II*. *Oosit sekunder* membelah menjadi dua yang terdiri atas satu sel normal disebut *ootid* dan satu sel lagi berukuran lebih kecil menjadi *badan kutub*. *Badan kutub* tersebut bergabung dengan *badan kutub* hasil pembelahan *badan kutub primer* membentuk *badan kutub sekunder*. Oleh karena itu, *badan kutub sekunder* berjumlah tiga buah. *Ootid* mengalami perubahan lebih lanjut sehingga menjadi ovum yang masak tetapi tidak mengalami pembelahan sel. Ketiga *badan kutub kecil* itu kemudian hancur dengan cepat sehingga setiap *oosit primer* hanya menghasilkan satu ovum, tidak seperti *spermatozit primer* yang menghasilkan empat sperma.

## 7.5. PEMBUAHAN/FERTILISASI

Pembuahan atau fertilisasi adalah proses persatuan antara sel kelamin laki-laki (spermatozoa) dengan sel kelamin wanita (ovum/sel telur) dan menandai permulaan terjadinya kehamilan.

Hasil utama dari fertilisasi adalah :

1. Mempertahankan jumlah kromosom sel somatik manusia yang diploid ( $2n$  atau 46 buah), yaitu separo berasal dari spermatozoa dan separo berasal dari ovum).
2. Penentuan jenis kelamin (xx atau xy)
3. Permulaan terjadi seri pembelahan mitosis.

Proses fertilisasi memerlukan waktu lebih kurang 24 jam.

Jumlah Pasangan Kromosom pada Beberapa Spesies Hewan dan Tumbuhan

Nama umum	Spesies	Jumlah pasangan kromosom
Nyamuk	<i>Culex pipiens</i>	3
Lalat	<i>Musca domestica</i>	6
Bawang merah	<i>Allium cepa</i>	11
Padi	<i>Oryza sativa</i>	12
Katak	<i>Rana pipiens</i>	13
Aligator	<i>Alligator mississippiensis</i>	16
Kucing	<i>Felis domesticus</i>	19
Tikus rumah	<i>Mus musculus</i>	20
Monyet Rhesus	<i>Macaca mulatta</i>	21
Gandum	<i>Triticum aestivum</i>	21
Ketang	<i>Solanum tuberosum</i>	24
Sapi	<i>Bos taurus</i>	30
Keledai	<i>Equus asinus</i>	31
Kuda	<i>Equus caballus</i>	32
Anjing	<i>Canis familiaris</i>	39
Ayam	<i>Gallus domesticus</i>	39

Pada waktu spermatozoa memasuki oosit, sel telur telah mengalami pembelahan maturasi kedua dengan jumlah kromosom sebanyak 23 buah.

Pembelahan :

Zigot

Setelah mencapai stadium dua sel, kemudian mengalami seri pembelahan mitosis terbentuk sel yang kecil disebut blastomer.

#### **Stadium dua sel**

Terjadi setelah 30 jam pembuahan di tuba Falopi.

#### **Stadium empat sel**

Dengan dua sel besar dan dua sel yang lebih kecil, dicapai dalam waktu 40-50 jam setelah fertilisasi.

#### **Stadium morula (12-16 sel)**

Dicapai setelah 60 jam fertilisasi

Terdiri dari :

- Inner cell mass : kelompok sel terletak di tengah dan akan menjadi embrio
- Outer cell mass : kelompok sel yang di lapisan luar dan akan menjadi plasenta (korion)

Zigot bergerak dari gerakan peristaltik tuba uterina dan gerakan silia epitel tuba.

#### **Blastosis (Blastokista/Blastula)**

Terjadi setelah 100-140 jam dengan jumlah sel 100 sel. Morula masuk ke dalam kavum uteri, cairan dari kavum uteri menembus zona pelusida masuk ke celah intersel dari inner cell.

Celah intersel bersatu terbentuk rongga blastokista, zona pelusida menghilang dan zygot disebut blastosis. Inner cell mass tetap bersatu pada satu kutub disebut embrioblas sedang outer cell mass menjadi pipih membentuk dinding blastosis dan sekarang disebut trofoblas. 5-6 hari setelah ovulasi, blastosis melekat di dinding uterus dan trofoblas mengadakan penetrasi ke epitel mukosa uteri.

Zigot menanamkan diri ke dalam dinding uterus untuk tumbuh dan berkembang. Zigot memperoleh zat makanan dan oksigen melalui plasenta dan tali pusat. Plasenta dan tali pusat merupakan penghubung antara zigot dengan jaringan induknya. Selain untuk mengalirkan zat makanan dan oksigen ke dalam embrio, plasenta dan tali pusat juga berfungsi untuk mengalirkan sisa-sisa pertukaran zat pada embrio ke peredaran darah induknya. Embrio berkembang dalam suatu kantong yang berisi cairan pelindung. Kantong ini disebut amnion atau ketuban. Cairan dalam amnion ini melindungi bayi dari bahaya-benturan.

Setelah tahap pembelahan sampai blastula terjadi diferensiasi lebih lanjut dari 3 lapisan sel-sel, terutama mesoderma, menjadi organ-organ spesifik. Proses pembentukan organ dan sistem organ ini disebut organogenesis. Umumnya organ pertama yang terbentuk adalah notokorda yang terbentuk dari mesoderma dorsal di atas arkenteron. Tabung neuron berasal dari ektoderma dorsal di atas notokorda yang sedang berkembang. Ektoderma kemudian menebal dan membentuk mangkok neuron.

Selom adalah rongga tubuh yang terbentuk oleh mesoderma. Selom pada akhirnya adalah bentukan yang utama dalam rongga tubuh dewasa.

Mesoderma berdiferensiasi menjadi macam-macam organ. Dalam pengamatan embrio katak, sesudah gastrulasi, lapisan dorsolateral anterior membentuk kantong, kemudian lepas membentuk mesoderma. Mesoderma terdiri dari lembaran jaringan yang seragam, berisi rongga tubuh yang segera akan membentuk mesoderma somit (epimer), mesoderma samping (hipomer), dan mesoderma antara (mesomer).

Tiga bagian mesoderma ini terletak di antara endoderma dan ektoderma dan membentuk lapisan somatik dan splanknik. Lapisan mesoderma yang bersisian dengan ektoderma adalah *lapisan somatik*, dan yang bersisian dengan endoderma adalah *lapisan splanknik*. Somatik dan splanknik membentuk rongga tubuh. Mesoderma berisi cairan somatopleura di sebelah luar, dan cairan splanknopleura di sebelah dalam.

Sementara itu, somit-somit mesoderma menyokong dalam pembentukan tiga struktur yang penting, yaitu somit mesoderma bagian luar membentuk lapisan kulit di bawah ektoderma, mesoderma yang berimpit dengan ektoderma akan menjadi epidermis; sel-sel somit yang berada di dalam bergeser ke dalam akan membentuk rangka tubuh vertebrata; sedangkan somit tengah membentuk otot.

Mesoderma nefrogenik membentuk struktur urogenital pada tiap segmen, yaitu membentuk saluran ke belakang yang tumbuh ke kloaka dan bermuara ke anus. Perkembangan lain dari bagian ini akan membentuk ginjal dan alat reproduksi.

Sementara itu, usus primitif berkembang panjangnya dan berdiferensiasi menjadi berbagai organ-organ pembantu, yaitu faring dan intestinum. Kemudian intestinum, membesar dan melingkar, dan berbagai organ pelengkap seperti hati dan pankreas terbentuk. Bumbung neural berdiferensiasi membentuk otak dan sumsum tulang punggung (*spinal cord*) dan saraf-saraf tepi. Saraf tepi tumbuh keluar dari otak dan sumsum tulang punggung menjadi reseptor dan efektor.

Paru-paru adalah perkembangan dari faring, sedangkan pembuluh darah merupakan perkembangan dari mesoderma. Insang pada hewan tertentu juga merupakan perkembangan dari faring. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Organ-organ yang Dibentuk oleh Lapisan Tubuh

EKTODERMA	MESODERMA	ENDODERMA
kulit, rambut, kuku, sistem saraf, medula adrenal	otot, darah dan pembuluh darah, jaringan konektif (termasuk tulang), ginjal dan ureter, testis, ovarium, dan oviduk, uterus, mesenteron, sistem limfatik	hati, pankreas, lapisan pada uretra dan kelenjar, lapisan pada saluran trakea, bronki, dan paru-paru

Pada usia kira-kira 6 minggu, embrio telah mempunyai kepala, mata, tubuh, kuncup-kuncup tangan, dan kaki. Dalam usia mencapai 10 minggu, embrio panjangnya kira-kira 6 cm, sudah tampak seperti bayi, dengan bagian kepala jauh lebih besar dibandingkan dengan badannya. Mata, telinga, hidung dan mulut sudah tampak perkembangannya. Demikian pula jari-jari tangan dan kaki. Setelah mencapai umur 9 bulan, bayi telah mencapai pertumbuhan sempurna dan siap untuk dilahirkan. Begitu bayi siap dilahirkan, otot-otot uterus berkontraksi secara teratur dan mendorong bayi keluar dari uterus melalui vagina.



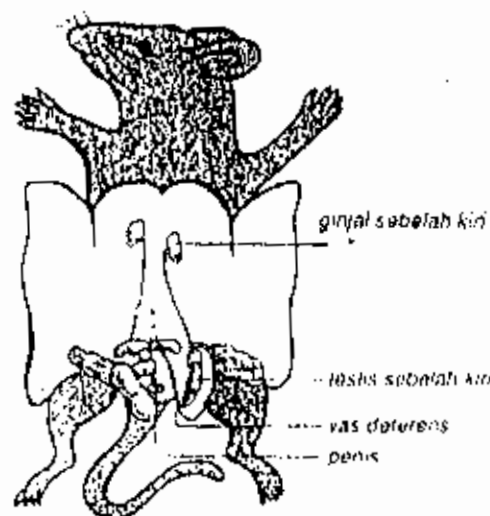
### Daftar Beberapa Hewan dan Lamanya Embrio dalam Kandungan Induknya

Hewan	Masa embrio
Tikus	3 minggu
Marmut	4 minggu
Kucing	8 minggu
Anjing	10 minggu
Babi	18 minggu
Biri-biri	21 minggu
Kuda	48 minggu
Gajah	84 minggu

Kita ambil salah satu hewan menyusui untuk mempelajari alat perkembangbiakannya, misalnya tikus.

#### 1. Alat Perkembangbiakan Tikus Jantan

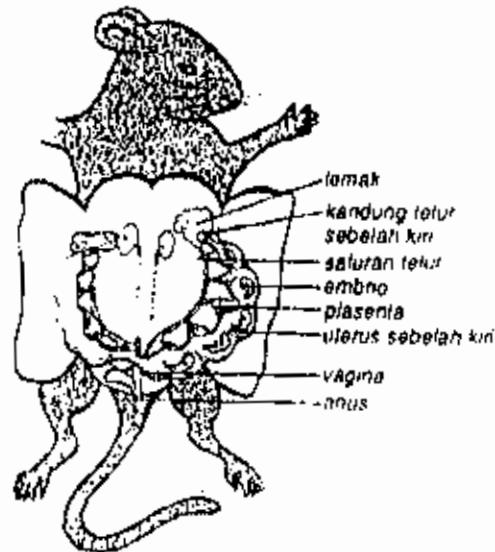
Alat perkembangbiakan tikus jantan terdiri atas sepasang testes, vas deferens, dan penis. Sperma dihasilkan oleh testes dan dikeluarkan melalui vas deferens menuju ke penis. Penis merupakan alat kelamin jantan untuk memasukkan sperma ke dalam tubuh hewan betina.



Alat kelamin tikus jantan

## 2. Alat Perkembangbiakan Tikus Betina

Alat perkembangbiakan tikus betina terdiri atas ovarium, saluran telur, plasenta, uterus dan vagina. Jika sel telur yang dihasilkan dibuahi oleh sperma maka sel telur yang dibuahi ini disebut zigot, yang kemudian tumbuh menjadi embrio di dalam uterus.



Alat kelamin tikus betina

Pada gambar terlihat lebih dari satu embrio di dalam uterus. Jadi tikus mampu mengandung benih lebih dari satu embrio. Tidak semua hewan menyusui dapat mengandung lebih dari satu embrio. Setiap embrio pada tikus itu dihubungkan dengan dinding uterus oleh plasenta. Plasenta merupakan jaringan yang banyak mengandung pembuluh darah dan berfungsi untuk menyalurkan zat makanan dari tubuh induknya ke embrio. Bila tiba saatnya lahir, embrio melepaskan diri dari dinding uterus kemudian keluar dari tubuh induknya melalui saluran yang disebut vagina.

## DAFTAR PUSTAKA

- Beverlander, G. dan Ramaley, J.A. 1988. Dasar-Dasar Histologi. Penerbit Erlangga, Jakarta. (Diterjemahkan oleh : W. Gunarso).
- De Roberti, E.D.P., de Robertis Jr.E.M.F.1978. Cell and Molecular Biology. Lea & Febiger, Toppan Company, Tokyo, Japan.
- Kimball, J.W., 1992, **Biologi**. Jilid I, Edisi Kelima. PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta. (Diterjemahkan Oleh : S. Sutarmi dan Nawangsari S.)
- Kimball, J.W., 1992, **Biologi**. Jilid II, Edisi Kelima. PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta. (Diterjemahkan Oleh : S. Sutarmi dan Nawangsari S.)
- Kimball, J.W., 1992, **Biologi**. Jilid III, Edisi Kelima. PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta. (Diterjemahkan Oleh : S. Sutarmi dan Nawangsari S.)
- Stern, K.R., 1988. Introductory Plant Biology. Fourth edition, Wm.C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa
- Sumbowo. 1992 **Histologi Umum**. Bumi Aksara, Jakarta